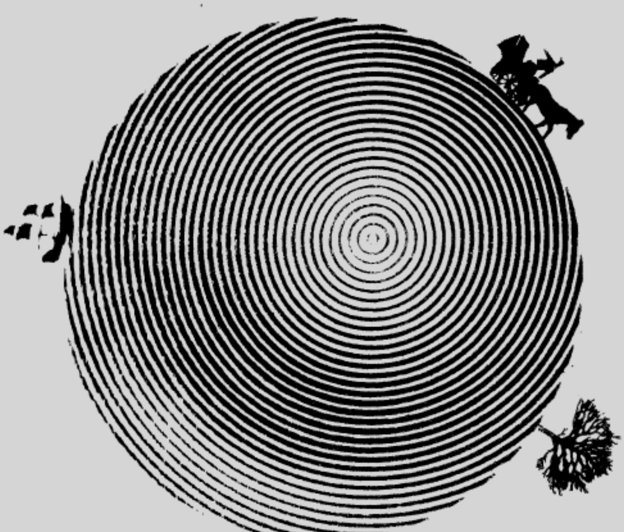
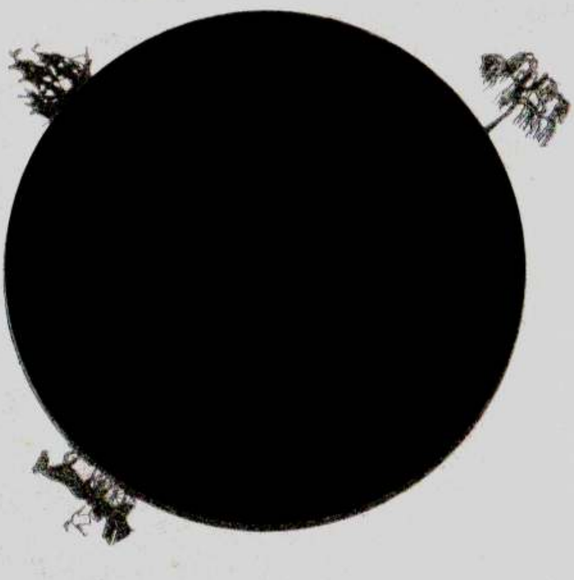
लेव लंदाऊ
यूरी रूमेर

सापेक्षतावाद म्हणजे काय?



मीर प्रकाशन मॉस्को



मीर प्रकाशन मॉस्को

सापेक्षतावाद म्हणजे काय?

Л. Д. Ландау,

Ю. Б. Румер

ЧТО ТАКОЕ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ?

Издательство «Советская Россия»
Москва

लेव लंदाऊ, यूरी रूमेर

सापेक्षतावाद म्हणजे काय?

ИЗДАТЕЛЬСТВО · МИР ·

मीर प्रकाशन मॉस्को

संपादक : डॉ. रविंद्र रसाळ

на языке маратхи

प्रकरण १

नेहमीच्या सरावातील सापेक्षता

प्रत्येक विधानाला अर्थ असतो काय?

नसतो हे उघड आहे. समजा आपण काही शब्द घेतले आणि व्याकरणाच्या नियमांचे काटेकोर अनुसरण करून त्यांचे एक वाक्य बनविले तरी ते वाक्य कदाचित साफ अर्थहीन ठरेल. उदाहरणार्थ 'पाणी त्रिकोणाकृती आहे' या वाक्याला काहीसुद्धा अर्थ नाही.

परंतु सगळ्याच अर्थहीन गोष्टी इतक्या उघडपणे दिसून येत नाहीत. पुष्कळवेळा वरवर पाहता अगदी योग्य वाटणारे विधान खोल परीक्षणांती साफ अर्थहीन आहे असे दिसून येते.

डावी की उजवी?

घर रस्त्याच्या कोणत्या बाजूला आहे—डाव्या की उजव्या? या प्रश्नाचे उत्तर तुम्हाला बहुतकरून चटकन देता येणार नाही.

तुम्ही पुलाकडून झाडीकडे जात असाल तर ते तुमच्या डाव्या हाताच्या बाजूला येईल आणि उलट दिशेने जात असाल तर उजव्या बाजूला येईल. रस्त्याची डावी बाजू की उजवी बाजू हे सांगताना तुम्हाला सापेक्ष दिशा सांगावीच लागते.

'नदीच्या उजव्या तीरावर' असे आपण म्हणू शकतो. कारण तेथे प्रवाहामुळे दिशा कळते. 'मोटार रस्त्याच्या डाव्या बाजूने चालली आहे', असेही आपण म्हणू शकतो, कारण रहदारीमळे सापेक्ष दिशा कळते.

म्हणजेच 'डावी' आणि 'उजवी' या कल्पना सापेक्ष आहेत; दिशा सांगितली तरच त्यांना अर्थ प्राप्त होतो.





आता दिवस आहे की रात्र ?

या प्रश्नाचे उत्तर स्थानावर अवलंबून आहे. मुंबईत दिवस असतो तेव्हा अमेरिकेत रात्र असते. येथे विरोध काहीच नाही. 'दिवस' आणि 'रात्र' या कल्पना सापेक्ष आहेत इतकेच; आणि स्थान सांगितल्याशिवाय या प्रश्नाचे उत्तर आपल्याला देता येत नाही.





मोठे कोण ?

पान ८ वर दोन चित्रे आहेत. पहिल्या चित्रात गुराखी गाईपेक्षा मोठा आहे तर दुसऱ्या चित्रात गाय गुराख्याहून मोठी दिसते. येथेसुद्धा विसंगत असे काही नाही. ही दोन चित्रे वेगवेगळ्या स्थानांहून काढलेली आहेत इतकेच – एक चित्र गाईजवळून काढलेले आहे; दुसरे गुराख्याजवळून काढलेले आहे. चित्र काढताना वस्तूचा खरा आकार महत्त्वाचा नसतो; महत्त्व असते कोनाला – दृष्टिकोनाला; आणि पदार्थांचे हे कोनात्मक आकार सापेक्ष असतात हे उघड आहे. वस्तूंचे अवकाशातील स्थान नक्की सांगित-ल्याशिवाय त्यांच्या कोनात्मक आकाराविषयी बोलणे याला काहीच अर्थ नाही. उदाहरणार्थ एक मनोरा दृष्टीशी ४५ अंशांचा कोन करतो, या विधानाला काही अर्थ नाही. तेच तुम्ही सांगितलेत की 'मनोरा माझ्यापासून १५ मीटर अंतरावर आहे आणि तो माझ्याशी ४५ अंशांचा कोन करतो', तर मग त्या विधानाला अर्थ प्राप्त होतो. इतकेच नाही, तर त्याची उंची १५ मीटर असली पाहिजे, हेही सांगता येते.

सापेक्ष निरपेक्ष भासते

आपण आपले निरीक्षणस्थान थोडे बदलले तर कोनात्मक आकारही थोडेसे बदलतील. खगोलशास्त्रात अंतरे बहुश: कोनात सांगतात याचे कारण हेच आहे. ताऱ्यांच्या नकाशात ताऱ्यांमधील अंतरे कोनात दिलेली असतात; म्हणजेच पृथ्वीवरून वेध घेताना त्यांच्यात जी कोनात्मक अंतरे दिसतात, ती सांगितलेली असतात.

पृथ्वीवर आपण कसेही हललो आणि निरीक्षणस्थान कोणतेही घेतले तरी ताऱ्यांमधील अंतरे तीच ती दिसतात. (बदललेली आढळत नाहीत.) तारे आणि आपण यांमधील अंतरे कल्पनेला न झेपण्याइतकी प्रचंड आहेत; त्यामुळे हे असे होते. या अंतरांच्या पुढे पृथ्वीवरील आपली हालचाल अगदीच क्षुल्लक असते; इतकी की ती विचारात घेण्याचीही जरूरी नसते. म्हणून या बाबतीत कोनात्मक अंतरे निरपेक्ष अंतरे आहेत असे मानायला काहीच हरकत नसते.

पृथ्वी सूर्याभोवती भ्रमण करते; हे भ्रमण लक्षात घेऊन मापे घेतल्यास कोनात्मक मापनात लक्षात येण्याइतका फरक पडतो; परंतु हा फरक इतका क्षुल्लक असतो की त्याला किंमत देण्याची गरज नसते; पण आपले निरी-

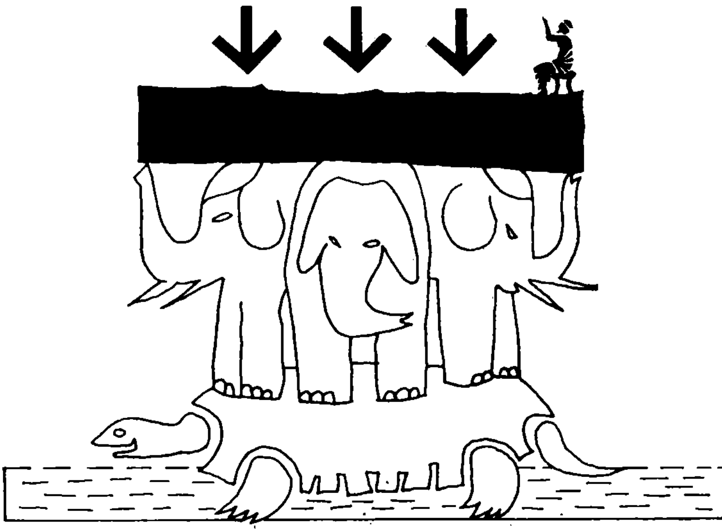
क्षणस्थान जर आपण एखाद्या ताऱ्यावर, उदाहरणार्थ, व्याधावर नेले तर सारे चित्र साफ बदलून जाईल. आता सर्व कोनात्मक मापने बदलतील आणि जे तारे आपल्या आकाशात एकमेकांपासून खूप दूर दिसतात, ते जवळ आलेले दिसतील; आणि पूर्वी जवळ दिसणारे तारे दूर गेलेले दिसतील.

निरपेक्षही सापेक्ष बनते

आपण पुष्कळ वेळा 'वर' आणि 'खाली' हे शब्द वापरतो. या कल्पना निरपेक्ष आहेत की सापेक्ष?



या प्रश्नाची उत्तरे निरनिराळ्या काळात लोकांनी निरनिराळी दिलेली आहेत. पृथ्वी गोल आहे हे जेव्हा लोकांना ठाऊक नव्हते आणि ती पोळी-सारखी सपाट आहे अशी त्यांची कल्पना होती तेव्हा ऊर्ध्व दिशा ही एक निरपेक्ष कल्पना आहे असे त्यांना वाटे. त्यांना वाटे पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर कुठेही जा, ऊर्ध्व दिशा एकच आहे; साहजिकच तेव्हा निरपेक्ष 'वर' आणि निरपेक्ष 'खाली' असे बोलणे नैसर्गिकच होते.



पृथ्वी गोल आहे हा शोध लागताच "ऊर्ध्व दिशे" ची कल्पना कोसळली.

पृथ्वी गोल असल्यामुळे ऊर्ध्व रेषेची दिशा आता पृथ्वीवरील ज्या बिंदूमधून ती रेषा जाते त्या स्थानावर अवलंबून असते.

पृथ्वीवरील वेगवेगळ्या स्थानी ऊर्ध्व दिशाही वेगवेगळी असणार.

अशाप्रकारे पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील स्थानाची नेमकी जागा सांगितल्याशिवाय 'वर' आणि 'खाली' या कल्पनांमधला अर्थच नष्ट होतो, आणि मग जे पूर्वी निरपेक्ष भासत होते ते आता सापेक्ष ठरते. सृष्टीत ऊर्ध्व दिशा अशी एकच दिशा नाही. म्हणून अवकाशातील कोणतीही विशिष्ट दिशा दिली तर ती दिशा ज्या स्थानी ऊर्ध्व होईल असे स्थान पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर दाखविता येईल.

"व्यवहारज्ञाना"चा विरोध

हे सारे आज आपल्याला सोपे सरळ वाटते आणि त्या बाबत काडीमात्र शंका आपण घेत नाही. परंतु आपण इतिहासावर नजर फिरविली तर

'वर' आणि 'खाली' या कल्पनातील सापेक्षता कळून येणे ही गोष्ट माणसाला सोपी गेली नाही, हे दिसून येते. ('उजव्या' आणि 'डाव्या' या कल्पनांप्रमाणे) आपल्या दररोजच्या अनुभवातून ज्या कल्पनांची सापेक्षता चटकन उमगून येत नाही त्यांना निरपेक्ष अर्थ चिकटवायचा ही माणसाच्या मनाची प्रवृत्तीच असते.

पृथ्वी गोल आहे या सत्याला एक मूर्खपणाची हरकत घेतली जाते. अगदी मध्ययुगापासून हे चालू आहे. कोणती हरकत? 'डोके खाली, पाय वर' असे लोक चालणारच कसे?

हा युक्तिवाद चुकीचा आहे, कारण 'पृथ्वी गोल आहे' या सत्यामधून ऊर्ध्व दिशा ही सापेक्ष आहे, हे जे सत्य निघते, तिकडे त्यात दुर्लक्ष केलेले आहे.

उदाहरणार्थ ऊर्ध्व दिशा सापेक्ष असते हे जर आपण मानले नाही आणि मुंबईत जी ऊर्ध्व दिशा दिसते ती निरपेक्ष आहे असे मानले तर मग अमेरिकेतली माणसे 'डोके खाली, पाय वर' अशी चालतात असे म्हणावे लागले असते. पण अमेरिकन माणसाच्या दृष्टीने आम्ही मुंबईकर तसेच चाललेले आहोत. यात विरोध बिलकूल नाही, कारण ऊर्ध्व दिशा ही खरोखरी निरपेक्ष कल्पना नाहीच; ती सापेक्ष कल्पना आहे.

ऊर्ध्व दिशेच्या सापेक्षत्वाचा खरा अर्थ केव्हा लक्षात येतो? पृथ्वीच्या पाठीवरील परस्परांपासून खूप दूर–मुंबई आणि न्यूयॉर्क अशी स्थाने घेतली तरच! उलट दोन अगदी जवळची स्थाने–उदाहरणार्थ मुंबईतील दोन चाळी घेतल्या तर त्यातील ऊर्ध्वरेषा एकमेकींना जवळजवळ समांतर आहेत; म्हणजेच त्या निरपेक्ष आहेत, असे आपल्याला मानता येते.

खूप विस्तीर्ण प्रदेश घेतले, ज्यांची तुलना क्षेत्रफळाच्या दृष्टीने पृथ्वीच्या एकंदर पृष्ठभागाशी होऊ शकते असे प्रदेश घेतले, तरच खरा प्रश्न येतो; अशा प्रदेशांना एकच निरपेक्ष ऊर्ध्व दिशा देण्याचा प्रयत्न केला तर त्यातून अनेक वेडगळपणाचे निष्कर्ष, अनेक विरोध निर्माण होतात.

रोजच्या जीवनात आपण ज्या कल्पनांचा नेहमी वापर करतो त्या कल्पना सापेक्ष आहेत आणि त्यांच्या निरीक्षण मर्यादा सांगितल्यानंतरच त्यांना अर्थ प्राप्त होतो, ही गोष्ट वरील उदाहरणांवरून सिद्ध होते.

प्रकरण २

अवकाश सापेक्ष आहे

एकाच जागी

'अमुक दोन घटना एकाच जागी घडल्या', असे आपण अनेक वेळा म्हणतो आणि आपल्या विधानाला निरपेक्ष अर्थ चिकटविण्याचा प्रयत्न करतो. खरे म्हणजे त्यात काही अर्थ नसतो. स्थळाचा – मुंबई किंवा लंडन – नामनिर्देश न करता 'आता पाच वाजले आहेत' असे म्हणण्यासारखेच हे आहे.

ही गोष्ट नीट समजावून घेण्यासाठी, अशी कल्पना करू या की दोन प्रवासी – स्त्रिया आहेत; त्या मुंबईहून दिल्लीला चालल्या आहेत; एकाच डब्यातून प्रवास करीत आहेत. समजा त्यांनी असे ठरविले आहे – दररोज सकाळी आणि संध्याकाळी एकत्र बसून आपापल्या पतींना पत्रे लिहायची. 'अवकाशात त्यांची गाठ एकाच ठिकाणी पडत असे' असे जर आपण त्यांच्या यजमानांना सांगितले, तर त्यांचा आपल्या शब्दांवर काडीचाही विश्वास बसणार नाही. ते म्हणतील, "काय राव! काय सांगता भलतंच! अहो! त्यांनी पत्रे लिहिली आहेत ती वेगवेगळ्या स्टेशनांवरून. त्या ठिकाणात शेकडो किलोमीटरचे अंतर आहे. हे पहा! हे पत्र बडोद्याहून आले आहे! आणि हे दुसरे भरतपूरहून!" आणि त्यांचे हे म्हणणे बरोबरच आहे.

या दोन गोष्टी – म्हणजे सकाळी पत्रे लिहिणे आणि संध्याकाळी पत्रे लिहिणे या दोन गोष्टी – त्या स्त्रियांच्या दृष्टीने एकाच जागी घडल्या; परंतु त्यांच्या यजमानांच्या दृष्टीने त्या एकमेकांपासून शेकडो किलोमीटर अंतरावर असलेल्या गावात घडल्या.

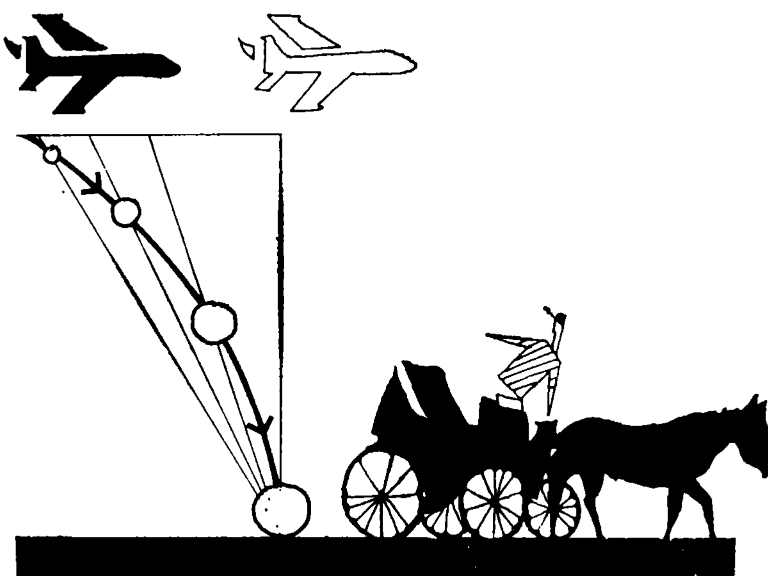
यात बरोबर कोण? त्या स्त्रिया की त्यांचे पती? आपल्याला दोघांपैकी कोणाचीही बाजू घ्यायला आधार नाही. 'अवकाशातील एकाच जागी' ही कल्पना सापेक्ष आहे हे आपल्याला उघड दिसते.

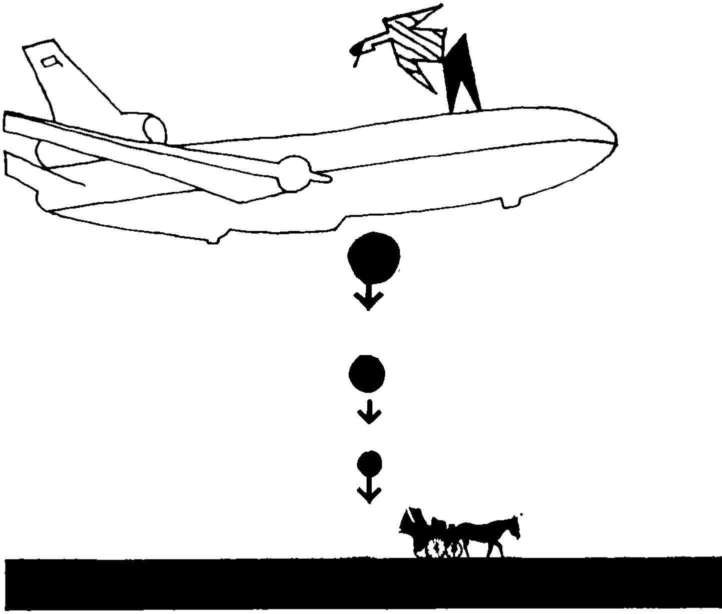
'आकाशात दोन ताऱ्यांची युती झाली आहे' हे विधान त्या. त्यांचे वेध पृथ्वीवरून घेतले आहेत, असे स्पष्टपणे सांगितले तरच या विधानाला काही अर्थ प्राप्त होतो. 'दोन घटना एकाच जागी घडल्या' असे केव्हा म्हणता येईल? ज्या वस्तूंच्या सापेक्ष त्या घटनांचा स्थान-निर्देश केला त्या वस्तू सांगितल्या तरच असे म्हणता येईल.

म्हणजेच अवकाशातील स्थानाची कल्पना ही सापेक्षच आहे. एखाद्या वस्तूच्या अवकाशातील स्थानाविषयी आपण जेव्हा बोलतो तेव्हा इतर कोणत्या वस्तूंच्या दृष्टीने (सापेक्ष) आपण त्याविषयी बोलत आहोत, ते ऐकणाऱ्यांना ठाऊक आहे, असे आपण धरून चालतो. 'अमुक एक वस्तू कोठे आहे, तिचे स्थान कोणते?' या प्रश्नाला उत्तर देताना आपण इतर वस्तूंचा निर्देश केला नाही तर प्रश्नाला काही अर्थच उरत नाही.

पदार्थ खरोखरी कसा हलतो?

या विवेचनातून आणखी एक गोष्ट दिसून येते. "वस्तूचे अवकाशातील स्थानांतर" ही कल्पनाही सापेक्षच आहे. 'अमुक एका वस्तूने अवकाशातील





आपली जागा बदलली', असे जेव्हा आपण म्हणतो तेव्हा तिने इतर वस्तूंच्या सापेक्ष आपली जागा बदलली इतकाच त्याचा अर्थ असतो.

समजा निरनिराळे बिंदू आहेत; परस्परसापेक्ष जागा बदलत आहेत; आणि आपण एका विशिष्ट वस्तूच्या गतीचे या निरनिराळ्या बिंदूंपासून निरीक्षण करीत आहोत. तिची गती वेगवेगळी आहे असे आपल्याला दिसून येईल.

विमान उडत उडत पुढे चालले आहे अशी कल्पना करा; समजा त्यातून एक दगड खाली सोडला. विमानातील माणसाला तो सरळरेषेत खाली चाललेला दिसेल; पण जमिनीवरील माणसाला मात्र तो वक्रमार्गाने ('पॅराबोला') येत असलेला दिसेल.

मग दगडाचा खरा मार्ग कोणता?

या प्रश्नात काही दम नाही. 'चंद्र खरोखरी कोणत्या कोनात दिसतो' असे विचारण्याइतकाच हा प्रश्नही निरर्थकच आहे. कोठून? निरीक्षण सूर्यावरून करीत आहात की पृथ्वीवरून?

गतिमान वस्तूच्या मार्गाचा भौमितिक आकार एखाद्या इमारतीच्या फोटोच्या आकाराइतकाच सापेक्ष असतो. इमारतीचा पुढून घेतलेला फोटो आणि मा ून घेतलेला फोटो हे जसे वेगवेगळे असतात, त्याचप्रमाणे वेगवेगळ्या ठिकाणांहून वस्तूच्या गतीचे दिसणारे मार्गही वेगवेगळे दिसतात.

सर्व दृष्टिकोन समान असतात काय ?

समजा आपण एका वस्तूच्या अवकाशातील गतीचे निरीक्षण करीत आहोत आणि ती वस्तू मार्गक्रमण करीत असताना तिचा गतिपथ (ज्या मार्गाने ती जात आहे तो मार्ग) कसा दिसतो इतकेच आपल्याला पाहावयाचे आहे. ही गोष्ट आपण कशी करू? साहजिकच निरीक्षणासाठी आपण साधीसुधी आणि सोईची जागा निवडू.

चांगला फोटोग्राफर फोटो चांगला यावा म्हणून कॅमेरा ठेवण्यासाठी कोणती जागा निवडतो? इतर गोष्टींबरोबरच फोटो सुंदर कसा दिसेल, त्याची एकंदर ठेवण चांगली कोठून दिसेल या गोष्टी तो मुख्यतः लक्षात घेतो.

परंतु वस्तूंच्या अवकाशातील गतीचा अभ्यास करण्यात आपला हेतू जास्त विशाल असतो. गतिपथ कसा आहे एवढेच आपल्याला पाहायचे नसते; विशिष्ट परिस्थितीत वस्तूचा कोणता मार्ग होईल हे आपल्याला आधीच सांगता यावे, हा आपला हेतू असतो. म्हणजेच आपल्याला गतीचे नियमन करणाऱ्या नियमांचे ज्ञान हवे असते; वस्तूला अमुक एकच मार्ग घ्यायला लावणारे जे नियम आहेत त्यांची माहिती आपल्याला हवी असते.

हा दृष्टिकोन घेऊन जेव्हा आपण गतीच्या सापेक्षतेचा विचार करू लागतो, तेव्हा अवकाशातील सर्वच स्थाने सारखी नाहीत, असे आपल्याला आढळून येते.

समजा आपल्याला ओळखपत्रासाठी एक फोटो घ्यायचा आहे. अर्थात आपल्याला आपल्या चेहऱ्याचा फोटो हवा; डोक्याच्या मागच्या भागाचा फोटो घेऊन काय उपयोग? अर्थात फोटोग्राफरने फोटो घेताना अवकाशात कोठे उभे राहावे हे या हेतूवर ठरेल. दुसऱ्या जागी कोठेतरी उभे राहून चालणार नाही.

विरामावस्था सापडली ?

पदार्थाच्या गतीवर बाह्य प्रेरणांचा परिणाम घडतो. या परिणामाचा नीट विचार केला तर गतीचा प्रश्न सोडविण्याचा एक नवीन मार्ग, एक नवी दृष्टी आपल्याला लाभते.

असे समजू या की आपल्याजवळ एक अशी वस्तू आहे की जिच्यावर बाह्य प्रेरणांचा परिणाम घडत नाही. ही वस्तू चमत्कारीकरीतीने मार्ग-क्रमण करेल; आपण त्या वस्तूचे कोठून निरीक्षण करीत आहोत, या गोष्टीवर ते अवलंबून राहील. पण एक गोष्ट स्पष्ट आहे: वस्तू स्थिर आहे अशीच जागा निरीक्षक निरीक्षणस्थान म्हणून पसंत करेल.

म्हणजे आता आपल्याला विरामावस्थेची एक अगदी नवीन व्याख्या देता येईल, मग त्या वस्तूची गती इतर वस्तूंच्या दृष्टीने कशीही असो. बाह्य प्रेरणांच्या प्रभावापासून मुक्त अशी वस्तूची जी अवस्था तीच विरामा-वस्था!

जड चौकट

विरामावस्था आणायची कशी? एखाद्या वस्तूवर बाह्य प्रेरणांचा प्रभाव पडत नाही, याविषयी खात्री करून घ्यायची कशी?

त्यासाठी त्या वस्तूवर ज्याचा ज्याचा प्रभाव पडू शकेल अशा सर्व वस्तूंपासून त्या वस्तूला शक्य तितक्या दूर नेले पाहिजे.

कल्पनेने आपण अशा जड वस्तूंची एक प्रयोगशाळा—एक चौकट—एक फरेम—बांधू शकू आणि या प्रयोगशाळेतून तिचे निरीक्षण करताना गतीचे जे गुणधर्म कळून येतील त्यांचा विचार करू शकू. या प्रयोगशाळेच्या अवस्थेला विरामावस्था असे म्हणता येईल.

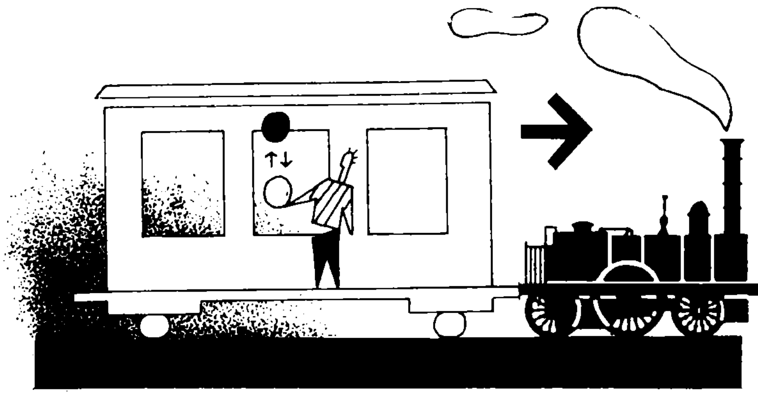
दुसऱ्या एखाद्या प्रयोगशाळेत गतीचे आढळून आलेले गुणधर्म जर आपल्या प्रयोगशाळेत आढळून येणाऱ्या गतीच्या गुणधर्मांहून वेगळे असतील, तर मग ही दुसरी प्रयोगशाळा गतिमान होती असे आपण अधिकारवाणीने म्हणू शकू.

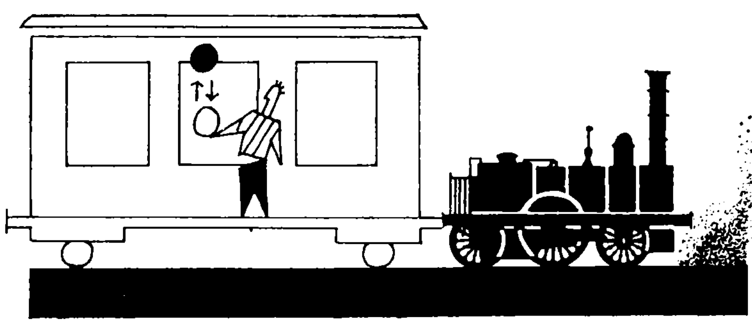
गाडी हलते आहे काय?

गतिमान प्रयोगशाळेतील गतीचे नियमन करणारे नियम जड प्रयोगशा-ळेतील नियमांहून वेगळे आहेत हे सिद्ध केल्यास गतीच्या कल्पनेचे सापेक्ष

स्वरूपच नष्ट झाल्यासारखे होईल. तसे झाल्यास सापेक्ष जडत्वाची गती मानावी लागेल आणि तिलाच निरपेक्ष म्हणावे लागेल.

पण प्रश्न आहे तो हा की एखाद्या जड प्रयोगशाळेत जे नियम रूढ असतात, ते त्या प्रयोगशाळेला गती दिल्यावर प्रत्येक वेळी बदलतील काय?





समजा आपण समवेगाने (म्हणजे वेग न बदलता) व सरळ रेषेत चाललेल्या एका आगगाडीत बसून डब्यातील वस्तूंच्या हालचालींचे निरीक्षण करीत आहोत आणि त्यांची तुलना गतिहीन गाडीतील पदार्थांच्या हालचा-लीशी करीत आहोत.

आपला नेहमीचा अनुभव आपल्याला काय सांगतो? गाडी जर एकाच वेगाने सरळरेषेत चालली असेल तर तिच्यातील पदार्थांची गती स्थिर गाडी-

तील गतीसारखीच असते. चालत्या गाडीत जर एखादा चेंडू वर हवेत उडविला तर तो नेमका परत आपल्याच हातात येऊन पडतो.

आता गाडीत तांत्रिक कारणांपायी मधून मधून धक्के हे बसतातच; ते सोडल्यास चालत्या गाडीत जे जे काही घडते ते सर्व स्थिर गाडीतही घडते.

गाडीचा वेग कमी किंवा जास्त केला तर मात्र वेगळाच अनुभव येतो. वेग कमी केला तर आपण धक्का खाताना पुढे झुकतो; वेग वाढविल्यास मागे झुकतो. ही गोष्ट विरामावस्थेहून अगदी वेगळी आहे.

एकाच वेगाने चाललेल्या गाडीने दिशा बदलली तर चट्कन आपल्याला जाणवते. गाडी एकदम उजवीकडे वळली तर आपण डब्याच्या डाव्या बाजूवर चेपले जातो; डावीकडे वळली तर उजव्या बाजूवर चेपले जातो.

तात्पर्य काय? विरामावस्थेत असलेल्या प्रयोगशाळेच्या दृष्टीने (सापेक्ष) दुसरी एखादी प्रयोगशाळा गतिमान असेल, समवेगाने आणि एकाच रेषेत जात असेल तर तितक्या वेळात गतिमान प्रयोगशाळेतील वस्तूंच्या हालचालीत काही वेगळेपणा आहे, असे अजिबात दिसत नाही. मात्र गतिमान प्रयोगशाळेच्या गतीत बदल घडला (वेग वाढविल्यामुळे, कमी केल्यामुळे किंवा दिशा बदलल्यामुळे कशामुळेही गतीत बदल घडला) तर त्याचा परिणाम ताबडतोब तिच्यातील वस्तूंच्या हालचालीवरही घडून येतो.

विरामावस्था कायमचीच नष्ट झाली आहे

समवेगाने व सरळरेषेत गतिमान असलेल्या प्रयोगशाळेचा तिच्यातील वस्तूंच्या हालचालीवर रेसभरसुद्धा परिणाम होत नाही ही मोठी नवलाची गोष्ट आहे. त्यामुळे आपल्याला विरामावस्थेची आपली कल्पना सुधारणे भाग पडते. याचा अर्थ असा की विरामावस्था आणि समवेगाने एकाच सरळरेषेत चाललेली गती यात काहीसुद्धा फरक नाही. विरामावस्थेत असलेल्या प्रयोगशाळेच्या दृष्टीने (सापेक्ष) एखादी प्रयोगशाळा जर समवेगाने आणि सरळरेषेत चालली असेल तर ती गतिमान प्रयोगशाळा स्वतःसुद्धा विरामावस्थेतच आहे असे मानायला काही हरकत नाही. याचा अर्थ असा की निरपेक्ष विरामावस्था एकच नसते; "विरामावस्थेचे" असंख्य प्रकार

आहेत. म्हणजेच "विरामावस्थेत" असलेल्या प्रयोगशाळांची संख्या अगणित आहे. त्यांचे वेग वेगवेगळे असतील; परंतु एकाच प्रकारात मोडणाऱ्या सर्वच प्रयोगशाळा एकमेकींच्या दृष्टीने (सापेक्ष) समवेगाने आणि सरळरेषेत मार्गक्रमण करीत असतात.

विरामावस्था सापेक्ष असते, निरपेक्ष नसते, म्हणून अमुक एका गतीचे निरीक्षण करीत असताना आपण हे निरीक्षण एकमेकींच्या दृष्टीने समवेगाने व सरळरेषेत संचार करणाऱ्या असंख्य प्रयोगशाळांपैकी कोणत्या प्रयोगशाळांच्या दृष्टीने करीत आहोत ते दरखेपेस स्पष्ट केले पाहिजे.

याचा अर्थ असा की आपण गतीला निरपेक्ष कल्पनेचे रूप देण्याच्या कामात साफ अपेशी ठरलो.

गतीचे निरीक्षण करीत असताना आपण कोणत्या "विरामावस्थेतून" निरीक्षण करीत आहोत, हा प्रश्न नेहमीच कायम राहणार आहे.

अशा प्रकारे आपण आता निसर्गातील सर्वात महत्त्वाच्या नियमाशी येऊन पोहोचलो; या नियमाला सर्वसामान्यपणे "सापेक्ष गतीचा सिद्धांत" असे म्हणतात.

हा नियम काय सांगतो? एकमेकींच्या दृष्टीने (सापेक्ष) समवेगाने आणि सरळरेषेत चालणाऱ्या चौकटींमधील वस्तूंच्या गतीचे नियमन करणारे नियम सारखेच असतात.

जडतेचा सिद्धांत

गतीच्या सापेक्षतेचे तत्त्व सांगते की बाह्य प्रेरणेच्या प्रभावाखाली नसलेली वस्तू एक तर विरामावस्थेत तरी असते किंवा सरळरेषेत समवेगाने मार्गक्रमण करीत असलेल्या गतीच्या अवस्थेत तरी असते — या परिस्थितीलाच शास्त्रज्ञ जडतेचा सिद्धांत असे म्हणतात.

तथापि आपल्या जीवनात या नियमाची अंमलबजावणी झाकलेली असते; एकदम दृष्टोत्पत्तीस येत नाही. जडतेच्या सिद्धांतानुसार समवेगाने व सरळरेषेत मार्गक्रमण करणारी वस्तू, तिच्यावर कोणत्याही बाह्य प्रेरणेचे कार्य चालू नसले तरी, अनंत कालापर्यंत चालत राहिली पाहिजे. परंतु वस्तूला प्रेरणा लावली नाही तर ती केव्हातरी थांबते असा आपल्याला अनुभव येतो.

हे असे का होते? या कोड्याचे उत्तर काय? याचे कारण असे आहे

की आपण ज्या ज्या वस्तू पाहतो त्यांच्यावर काही विशिष्ट बाह्य प्रेरणांचा परिणाम घडत असतो – घर्षणाच्या प्रेरणांचा परिणाम घडत असतो. जडतेच्या सिद्धांताचे निरीक्षण करण्यासाठी ज्या परिस्थितीची – म्हणजे त्या वस्तूवर कार्य करणाऱ्या बाह्य प्रेरणांचा अभाव या परिस्थितीची – गरज असते ती अप्राप्य आहे. प्रयोगाच्या परिस्थितीत सुधारणा घडवून आणून, म्हणजे घर्षणाच्या प्रेरणा कमी करून, जडतेच्या सिद्धांताच्या निरीक्षणाला आवश्यक अशी जी आदर्श परिस्थिती लागते त्या परिस्थितीच्या आसपास आपण जाऊ शकतो आणि आपल्या रोजच्या जीवनात दिसणाऱ्या गतींनाही हाच सिद्धांत लागू आहे ह्याचा पडताळा आपल्याला मिळतो.

गतीच्या सापेक्षतेच्या तत्त्वाचा शोध हा मानवाने लावलेल्या सर्वश्रेष्ठ शोधांपैकी एक आहे. हा शोध लागला नसता तर विज्ञानाची प्रगती आजच्या इतकी कधीच झाली नसती. या शोधाच्या जनकत्वाचा मान गॅलिलिओकडे जातो; त्याच्या अलौकिक बुद्धिमत्तेकडे जातो. त्याच्या काळात ॲपरस्टॉटलच्या शिकवणुकीचा पगडा जगावर होता; आणि या शिकवणुकीमागे कॅथॉलिक चर्चचे पाठबळ होते; गॅलिलिओने मोठ्या धैर्याने या शिकवणुकीला विरोध केला. ॲपरस्टॉटलचे म्हणणे असे होते की प्रेरणा दिली तरच गती शक्य आहे आणि प्रेरणा नसेल तर गतीही अटळपणे थांबणारच. अत्युत्कृष्ट प्रयोगांती सत्य नेमके याच्या उलट आहे हे सिद्ध झाले आहे. त्याने गतिमान वस्तूंना थांबविण्याचे कार्य करणारी प्रेरणा घर्षण ही आहे, हे दाखवून दिले; आणि घर्षण नसेल तर एकदा गती दिलेली वस्तू सतत गतिमान राहील हे दाखवून दिले.

वेगसुद्धा सापेक्षच आहे!

गतीच्या सापेक्षतेच्या तत्त्वातून आणखी एक गोष्ट निघते. एक वस्तू समवेगाने आणि सरळरेषेत मार्गक्रमण करीत आहे, एका विशिष्ट वेगाने करीत आहे असे आपण म्हणतो; परंतु हा विशिष्ट वेग कोणत्या जड चौकटीच्या दृष्टीने (सापेक्ष) मोजलेला आहे हे सांगितले नाही तर ही कल्पना निरर्थक ठरते. रेखांशाची कल्पना अशीच आहे. कोणत्या मूळ रेखांशापासून (मेरिडियन) आपण हे रेखांश मोजले आहेत, हे सांगितले नाही तर या कल्पनेत काहीच अर्थ उरत नाही.

याचा अर्थ असा की वेग हीसुद्धा एक सापेक्षच कल्पना आहे. आपण एकच वस्तू घेतली आणि तिचा वेग निरनिराळ्या जड चौकटींमधून मोजला तर उत्तरे वेगवेगळी येतील. तरीही वेगामधील प्रत्येक बदल, मग ती वेगातील वाढ असो किंवा उतार असो किंवा दिशेतला बदल असो, अर्थदृष्ट्या निरपेक्ष आहे; त्याचे निरीक्षण ज्या चौकटीतून केले जात आहे तिचे स्थान कोणतेही असो त्यावर हा बदल अवलंबून नसतो.

प्रकरण ३

प्रकाशाची शोकांतिका

प्रकाशाचे मार्गक्रमण तत्क्षणीच होत नाही

गती सापेक्ष असते आणि "जड" चौकटींची संख्या अगणित आहे, याविषयी आपण आपली खात्री करून घेतलेलीच आहे. 'जड' चौकटींमध्ये पदार्थांच्या गतीचे नियमन करणारे नियम सारखेच असतात. तथापि गतीचा एक प्रकार असा आहे की ज्याचा, वरवर पाहता, वर सांगितलेल्या तत्त्वाशी विरोध येतो. हा प्रकार म्हणजे प्रकाशाचे मार्गक्रमण, प्रकाशाची गती!

प्रकाश इकडून तिकडे तत्क्षणीच पोहोचत नाही. तसा भास होतो, कारण त्याचा मार्गक्रमणाचा वेग अतिप्रचंड आहे – दर सेकंदाला ३ लाख किलोमीटर आहे!

या महाप्रचंड वेगाची आपल्याला कल्पनाही करवत नाही; कारण आपला ज्या वेगांशी व्यवहारात संबंध येतो ते वेग प्रकाशाच्या वेगाच्या मानाने अगदीच मंद आहेत. सोविएत संघाचे अगदी सुरूवातीचे अवकाशयान घ्या. त्याचा वेग दर सेकंदाला अवघा १२ कि. मी. इतका आहे. आपला ज्या-च्याशी संबंध येतो असा सर्वात मोठा वेग म्हणजे पृथ्वीचा; सूर्याभोवतीच्या तिच्या भ्रमणाचा. पण तोही किती आहे? तर फक्त दर सेकंदाला ३० कि. मी. इतकाच.

प्रकाशाचा वेग बदलता येतो का?

प्रकाशाच्या मार्गक्रमणाचा वेग महाप्रचंड तर खराच; पण त्यातही अलौकिक असे काही नाही. त्यातील चित्त वेधून घेणारी महत्त्वाची गोष्ट

वेगळीच आहे; हा वेग अत्यंत नित्य असतो (म्हणजे तो जराही बदलत नाही) ही ती गोष्ट!

कुठलाही पदार्थ घ्या; तुम्हाला त्याचा वेग कमी किंवा जास्त करता येतो. बंदुकीच्या गोळीच्याही बाबतीत हे खरे आहे. तिचा वेग कमी करायचा असेल तर मधे एक रेतीचे पोते ठेवले की बस्स! गोळी पोत्यात घुसताच तिचा वेग कमी होत होत खलास झालेला आढळेल.

प्रकाशाचे तसे नाही. गोळीचा वेग बंदुकीच्या बनावटीवर अवलंबून असतो; वापरलेल्या दारूवर अवलंबून असतो; पण प्रकाशाचा उगम कशातूनही होवो, त्याचा वेग तोच तो असतो.

समजा प्रकाशकिरणाच्या मार्गात एक काचेची चीप ठेवली. पोकळीतील वेगापेक्षा, प्रकाशाचा काचेतील वेग कमी असतो. साहजिकच काचेतून प्रवास करताना त्याचा वेग मंद होईल. परंतु तोच किरण काचेतून बाहेर पडून पुन्हा पोकळीत शिरताच त्याचा वेग पूर्ववत दर सेकंदाला ३ लाख कि. मी. इतका होतो.

प्रकाशाच्या पोकळीतील मार्गक्रमणाचे एक खास वैशिष्टच आहे; मार्गक्रमणाच्या दुसऱ्या कोणत्याही प्रकारात ते आढळत नाही. त्याचा एक खास गुणधर्म आहे–तुम्हाला प्रकाशाचा पोकळीतील वेग नखभरही बदलता येत नाही. वस्तुत्त्वातून (matter) जाताना त्यात काहीही बदल घडून येवोत, पुन्हा एकदा पोकळीत शिरताच प्रकाशाचा वेग पूर्ववत पहिल्याइतका होतो.

प्रकाश आणि ध्वनी

या बाबतीत प्रकाशाच्या मार्गक्रमणाचे पदार्थांच्या नेहमीच्या मार्गक्रमणांपेक्षा ध्वनीच्या मार्गक्रमणाशी अधिक साम्य आहे. ध्वनी म्हणजे काय? ज्यातून तो मार्गक्रमण करतो त्या माध्यमाचे आंदोलन! अर्थातच ध्वनीचा वेग माध्यमांच्या गुणधर्मांवर अवलंबून असतो; ध्वनी ज्यातून निर्माण झाला त्या वस्तूच्या गुणधर्मावर तो अवलंबून नसतो. प्रकाशाच्या वेगाप्रमाणेच ध्वनीचाही वेग कमीजास्त करता येत नाही; दुसऱ्या कोणत्याही वस्तूतून त्याला जायला लावा तरीही ते शक्य नाही.

ध्वनीच्या मार्गात आपण एक लोखंडी कांब ठेवली तर कांबीतून जात असताना ध्वनीचा वेग बदलेल; परंतु कांबीतून पुन्हा परत पहिल्या माध्य-

मात त्याला येऊ द्या, त्याचा मूळचा वेग त्याला पुन्हा प्राप्त झाल्याचे आढळून येईल.

वातकर्षक पंपाच्या हंडीखाली एक विजेचा दिवा आणि एक घंटा ठेवली आणि हंडीतील हवा काढून घेऊ लागलो तर घंटेचा आवाज मंदमंद होत जाईल; आणि काही काळाने मुळीच काही ऐकू येणार नाही. परंतु दिवा मात्र पहिल्यासारखाच प्रकाश देत राहील.

या प्रयोगाने काय सिद्ध झाले? ध्वनीच्या मार्गक्रमणाला कुठल्यातरी माध्यमाची गरज असते; प्रकाश मात्र पोकळीतूनही जाऊ शकतो, हे सिद्ध झाले.

दोहोंमधला मूलभूत फरक आहे तो हा!

गतीच्या सापेक्षतेच्या तत्वाला बाध?

प्रकाशाचा पोकळीतला वेग महाप्रचंड आहे; पण तो काही अनंत नाही. साहजिकच या गोष्टीचा सापेक्षतेच्या सिद्धांताशी विरोध येतो.

समजा, एक गाडी दर सेकंदाला २ लक्ष ४० हजार किलोमीटर या प्रचंड वेगाने धडधडत चालली आहे; आपण तिच्या पुढच्या डब्यात बसलेलो आहोत; आणि शेवटच्या डब्यात कोणीतरी विजेचा दिवा लावला. आता या टोकापासून त्या टोकापर्यंत जायला प्रकाशाला किती वेळ लागेल?

गाडी थांबलेली असताना जितका वेळ लागेल त्याहून हा वेळ वेगळा कसला पाहिजे, असे साहजिकच आपल्याला वाटते. गाडीचा वेग सेकंदाला २,४०,००० कि. मी. आहे; अर्थात चालत्या गाडीच्या दृष्टीने (गाडी सापेक्ष) प्रकाशाच्या मार्गक्रमणाचा वेग दर सेकंदाला ३,००,००० – २,४०,००० = =६०,००० कि. मी. असायला हवा. जणू प्रकाशाला पुढचा डबा गाठायचा आहे. समजा दिवा पहिल्या डब्यात पेटविला आणि शेवटच्या डब्यात प्रकाश केव्हा पोहोचेल म्हणून हिशोब करू लागलो तर गाडीच्या गतीच्या उलट दिशेने प्रकाशाला जावे लागेल आणि त्याचा वेग दर सेकंदाला २,४०,००० + ३,००,००० = ५,४०,००० कि. मी. व्हायला हवा. कारण आता प्रकाश आणि मागचा डबा एकमेकांकडे धावत येत आहेत.

या सगळयातून असा अर्थ निघतो की चालत्या गाडीत प्रकाशाचा वेग

वेगवेगळ्या दिशांना वेगवेगळा असेल; असायला पाहिजे. उलट स्थिर गाडीत तो दोन्ही दिशांना तोच तो असेल.

बंदुकीच्या गोळीची गोष्टच वेगळी असते. बंदूक कोणत्याही दिशेने (गाडीच्या चालण्याच्या दिशेने किंवा उलट दिशेने) उडवा, डब्याच्या भिंतींच्या दृष्टीने (सापेक्ष) गोळीचा वेग तोच तो असणार – स्थिर गाडीतील गोळीच्या वेगाइतकाच असणार.

गोळीचा वेग बंदुकीच्या वेगावर अवलंबून असतो; पण प्रकाशाचा वेग दिव्याच्या वेगानुसार बदलत नाही, ही गोष्ट आपण पूर्वी पाहिलेलीच आहे.

म्हणजे आपल्या युक्तिवादातून काय निष्पन्न झाले? प्रकाशाच्या मार्गक्रमणाचा गतीच्या सापेक्षतेच्या सिद्धांताशी विरोध आहे असा निष्कर्ष निघतो. बंदुकीची गोळी चालत्या गाडीत झाडा किंवा स्थिर गाडीत झाडा, डब्याच्या भिंती सापेक्ष तिचा वेग तोच तो असतो; उलट दर सेकंदाला २,४०,००० कि. मी. वेगाने धावणाऱ्या गाडीमध्ये वरवर पाहता प्रकाशाचा वेग स्थिर गाडीतील प्रकाशाच्या वेगाच्या मानाने एका दिशेला पाचपटीने मंद होतो तर उलट दिशेने २.८ पटीने वाढतो.

तेव्हा प्रकाशाच्या मार्गक्रमणाचा अभ्यास करून गाडीचा निरपेक्ष वेग शोधून काढता यायला काही हरकत नाही, असे वाटते.

प्रकाशाच्या मार्गक्रमणाच्या निसर्गघटनेच्या आधारावर निरपेक्ष विरामावस्था म्हणजे काय हे सांगता येईल अशी उमेद वाटते.

ज्या चौकटीत प्रकाशाचा वेग सर्व दिशांना एकच एक (म्हणजे दर सेकंदाला ३ लक्ष कि. मी.) आढळून येईल ती चौकट निरपेक्ष विरामावस्थेत आहे असे म्हणता येईल. आपल्या दृष्टीने समवेगाने आणि सरळरेषेत जाणाऱ्या दुसऱ्या कोणत्याही चौकटीत प्रकाशाचा वेग निरनिराळ्या दिशांना निरनिराळा असायला हवा. असे असल्यास गतीचे सापेक्षत्व, वेगाचे सापेक्षत्व आणि विरामावस्थेचे सापेक्षत्व यांना काहीच अर्थ राहणार नाही.

ईथर, अदृक द्रव्य

याची कल्पना कशी करायची? ध्वनी आणि प्रकाश यांच्या मार्गक्रमणात जे साम्य आहे, त्याचा उपयोग करून, 'ईथर' नामक एक खास द्रव्य

आहे अशी कल्पना करायची आणि ज्याप्रमाणे ध्वनीचे मार्गक्रमण हवेत होते, त्याचप्रमाणे प्रकाशाचे ईथरमध्ये होते असे मानायचे अशी एक कल्पना एके काळी शास्त्रज्ञांनी आपल्या डोक्यातून काढली होती. बांबूच्या लांब काड्यांचा एखादा पिंजरा पाण्यावर तरंगत असतो पण तो पाण्याला मात्र पुढे ढकलीत नाही, त्याप्रमाणे ईथरमधून जाताना सर्व पदार्थ ईथरला पुढे ढकलीत नाहीत असे त्यांनी मानले.

ईथरच्या दृष्टीने आपली गाडी जर स्थिर असेल तर प्रकाश सर्व दिशांना एकाच वेगाने प्रवास करील. ईथरच्या दृष्टीने गाडी जर गतिमान असेल तर मग ती गती, निरनिराळ्या दिशांना प्रकाशाचा वेग वेगवेगळा आढळून येईल या गोष्टीतून दिसून येईल.

पण अशारीतीने ईथरचे अस्तित्व मानले – प्रकाशाच्या रूपाने ज्याचे आंदोलन व्यक्त होते असे एक माध्यम या दृष्टीने ईथरचे अस्तित्व मानले – तर, त्यातून अनेक धारदार प्रश्न निर्माण होतात. पहिली गोष्ट अशी की ईथरच्या अस्तित्वाची कल्पना मुळातच कृत्रिम आहे. हवेच्या गुणधर्मांचा अभ्यास करण्यासाठी आपण त्यातून ध्वनीचे मार्गक्रमण कसे होते एवढी एकच गोष्ट तपासत बसत नाही; त्यासाठी संशोधनाचे वैज्ञानिक आणि रासायनिक असे इतर मार्गही आपण हाताळतो. ईथरचे तसे नाही. काय कारणे असतील ती असोत पण ईथर दुसऱ्या निसर्ग घटनात भाग घेताना आढळून येत नाही. हवेची घनता आणि हवेचा दाब अगदी ओबडधोबड साधने वापरूनही मोजता येतात. उलट ईथरची घनता आणि दाब मोजण्याचे सर्व प्रयत्न साफ निष्फळ ठरले आहेत.

एकंदरीत परिस्थिती मोठी चमत्कारिक तर खरीच!

जरूर ते गुणधर्म असलेला एखादा खास द्रव मानून त्याच्या जोरावर अर्थातच सृष्टीतील सर्व घटनांचे 'विवरण' करता येते. परंतु एखाद्या घटनेचे कारण दर्शविणारी खरीखुरी सैद्धांतिक विचारधारा मांडायची आणि सर्वांना ठाऊक असलेल्या वास्तव गोष्टींना शास्त्रीय शब्दजालाचे कोंदण बसवायचे यात फार फरक आहे. विचारधारेतून अनेक इतरही निष्कर्ष निघतात; ज्या वास्तव घटनांचा आधार घेऊन ही विचारधारा बसविलेली असते, त्यांच्यातून निघणाऱ्या निष्कर्षांहून पुष्कळच अधिक काहीतरी सांगता येते. अणूच्या कल्पनेचे उदाहरण घ्या. ह्या कल्पनेचा विज्ञानात उदय झाला तो रसायनशास्त्रामार्फत झाला; परंतु अणूच्या या कल्पनेच्या जोरावर रसायनशास्त्राशी

मुळीच संबंध नसलेल्या कितीतरी निसर्गघटनांचे विवरण आपल्याला करता आले ; अमुक घटना अमुक केले असता घडतील हे सांगता आले.

ग्रामोफोनमधून संगीत का ऐकू येते, याचे उत्तर त्यात एक खास भूत बसलेले असते, त्या गुप्त पेटीत त्या भूताला कैद करून ठेवलेले आहे, ते गाते असे ग्रामोफोनचे स्पष्टीकरण एखादा खेडवळ मनुष्य करील. ईथरची कल्पना त्यातलीच आहे. या 'स्पष्टीकरणां' नी काहीसुद्धा स्पष्ट होत नाही.

ईथरच्या पूर्वी अशाच प्रकारचा एक दुर्दैवी अनुभव शास्त्रज्ञांनी घेतला आहे. एका काळी ज्वलन कसे होते याचे 'उत्तर', ज्वलनद्रव्य (फ्लॉजिस्टॉन) नावाचा एक खास द्रवपदार्थ आहे, त्याच्या गुणधर्मांमुळे हे होते, असे दिले जाई. 'पदार्थ गरम का होतात', या प्रश्नाचे उत्तर 'अहो उष्णद्रव्य (हिटोरोड) म्हणून दुसरा एक द्रव आहे, त्याच्यामुळे होते,' असे देण्यात येई. हे द्रव पदार्थ ईथर इतकेच मायावी होते. त्यांचा कुठे पत्ताच लागत नसे.

कठीण परिस्थिती

पण खरी अडचण वेगळीच आहे. प्रकाशाचे मार्गक्रमण गतीच्या सापेक्षत्वाच्या तत्त्वाचे उल्लंघन करीत असेल तर इतर सर्वच पदार्थ या तत्त्वाचे उल्लंघन करतात या निष्कर्षावर येणे अटळ आहे.

कुठलेही माध्यम पदार्थांच्या गतीला विरोध करणारच. म्हणून ईथरमध्येही निरनिराळ्या वस्तूंमध्ये घर्षण होणे अपरिहार्यच आहे. म्हणजेच पदार्थांची गती मंद होत जाऊन ते अखेर थांबायला हवेत. पण प्रत्यक्षात काय दिसते? आपली पृथ्वी आज कोटचवधी वर्षे सूर्याभोवती प्रदक्षिणा घालत आहे (याला भूगर्भशास्त्राचा पुरावा आहे) आणि तरीही घर्षणामुळे तिची गती रेसभरही मंद झालेली दिसत नाही.

तेव्हा चालत्या गाडीतील प्रकाशाच्या चमत्कारिक वर्तनाचे उत्तर ईथरच्या आधारावर द्यायचे म्हटले तर रस्ता खुंटतो. ईथरला मान्यता देऊनही सापेक्षतेच्या तत्त्वाचे प्रकाशाकडून होणारे उल्लंघन आणि इतर सर्व प्रकारच्या गतींकडून होणारे या तत्त्वाचे पालन यामधील विरोध नष्ट होत नाही.

प्रयोगातूनच निष्कर्ष काढला पाहिजे

या विरोधाचे काय करायचे? या प्रश्नाचे उत्तर देण्याच्या आधी जरा एका गोष्टीकडे वळू या.

प्रकाशाचे मार्गक्रमण आणि गतीची सापेक्षता यामधील हा विरोध कशातून निर्माण झाला? मनाने निर्माण केलेल्या कल्पनेतूनच. दुसऱ्या कशातून नव्हे.

मनात निर्माण केलेली ही कल्पना मनाची खात्री पटविणारी आहे, हे खरेच आहे. पण आपण जर केवळ तर्कबुद्धीवर अवलंबून राहिलो तर मोठाच अनवस्थाप्रसंग ओढवेल. प्राचीन काळी एक तत्त्ववेत्ता होता. निसर्गाचे नियम तो आपल्या डोक्यातून काढण्याचा प्रयत्न करी. त्याच्यासारखी होईल आपली स्थिती! त्यातून एक मोठा धोका निर्माण होतो. कल्पनेने निर्माण केलेले जग आणि खरेखुरे जग यात कसलाच सारखेपणा राहायचा नाही.

अमुक एक विचारधारा, उपपत्ती खरी की खोटी हे कसे ठरवायचे? प्रयोगाच्या आधारावर. शेवटचा निवाडा देणारा न्यायाधीश तोच! तेव्हा चालत्या गाडीत प्रकाश मार्गक्रमण कसे करतो याचे उत्तर डोक्याने देण्याच्या जरा पलीकडे जाऊ या. अशा परिस्थितीत हे मार्गक्रमण कसे होते हे पाहण्यासाठी प्रत्यक्ष प्रयोगाचाच आधार घेऊ या.

प्रयोग तसा सोपा आहे; कारण आपण एका हलत्या वस्तूवर – पृथ्वीवर – राहत आहोत. पृथ्वी सूर्याभोवती फिरते; ती काही सरळरेषेत जात नाही; आणि म्हणून दुसऱ्या कोणत्याही चौकटीच्या दृष्टीने ती कायमच्या विरामावस्थेत कधीच असू शकत नाही.

चैत्रात कदाचित ती अमुक एका चौकटीच्या दृष्टीने गतिहीन स्थितीत असेल; पण मग आश्विनात नक्कीच गतिमान असणार; कारण सूर्याला प्रदक्षिणा घालता घालता तिची दिशा आता बदललेली असणार; म्हणून पृथ्वीवर प्रकाशाच्या मार्गक्रमणाचा केलेला अभ्यास हा दर सेकंदाला ३० कि. मी. वेगाने चालणाऱ्या चौकटीत केलेला अभ्यास आहे; आणि आहे या परिस्थितीत हा वेग काही कमी नाही. (पृथ्वी आपल्या अक्षाभोवती दर सेकंदाला अर्धा कि. मी. वेगाने फिरते; तिकडे लक्ष न देता चालण्यासारखे आहे.)

आपण पूर्वी चालत्या गाडीचे उदाहरण घेतले आणि अखेर आपली विचारधारा खुंटली. त्या स्थितीशी पृथ्वीची तुलना करणे योग्य ठरेल काय? आपली गाडी समवेगाने आणि सरळरेषेत जात होती. पृथ्वी वर्तुळाकारात फिरते तरीही ही तुलना योग्यच आहे. आपल्या निरीक्षण केंद्रांतून जायला प्रकाशाला एका क्षणाच्या एका अत्यल्प भागाइतका वेळ लागेल आणि या काळात पृथ्वी समवेगाने आणि सरळरेषेत जात आहे, असे म्हणणे समर्थनीयच ठरेल. त्यात चूक झालीच तर ती इतकी लहान असणार की ती कळूनही येणार नाही.

म्हणजे चालती गाडी आणि पृथ्वी यांच्यात साम्य आहे. याचा अर्थ असा की आपल्या गाडीत प्रकाशाचे मार्गक्रमण जितके चमत्कारिक भासले तितकेच ते पृथ्वीवरही भासणार अशीच आपण अपेक्षा करू; म्हणजेच वेगवेगळ्या दिशांना त्याचे वेगवेगळे वेग असणार.

सापेक्षत्वाचा विजय

आल्बर्ट मायकेल्सन यांनी १८८१ मध्ये अशा प्रकारचा एक प्रयोग केला होता. एकोणिसाव्या शतकातल्या महान प्रायोगिकांपैकी ते एक होते. त्यांनी वेगवेगळ्या दिशास प्रकाशाचा वेग किती आहे याचे मोजमाप खूपच बिनचूक घेतले होते. वेगांमध्ये जो छोटासा फरक अपेक्षित होता तो बरोबर नजरेस यावा यासाठी त्यांनी अतिशय बिनचूक व अतिशय डोकेबाज प्रायोगिक साधने वापरली होती. अपेक्षापेक्षाही सूक्ष्मतर अशा वेगातल्या फरकांची नोंद घेऊ शकतील इतकी बिनचूक ही सामुग्री होती.

मायकेल्सन यांनी केलेला हा प्रयोग आणखी वेगळ्या स्थितीत इतरांनीही नंतर करून पाहिला; त्यातून निघालेले निष्कर्ष अगदीच अनपेक्षित होते. चलत् चौकटीत प्रकाशाचे होणारे मार्गक्रमण आपल्या कल्पनेपेक्षा अगदीच वेगळे निघाले. सूर्याभोवती भ्रमण करणाऱ्या पृथ्वीवर प्रकाशाचा सर्वच दिशातील वेग एकच आढळून आला; त्यात फरक नव्हता. म्हणजे या बाबतीत बंदुकीच्या गोळीचे मार्गक्रमण आणि प्रकाशाचे मार्गक्रमण यात कुठलाच फरक नाही. चौकट कशी हलते यावर हा वेग अवलंबून नाही आणि चौकटीच्या भिंतींच्या सापेक्ष सर्व दिशांना हा वेग सारखाच असतो.

म्हणजे मायकेल्सन यांच्या प्रयोगाने काय सिद्ध झाले? तर्कबुद्धीने आपण काढलेले निष्कर्ष खरे नाहीत. प्रकाशाचे मार्गक्रमण आणि गतीच्या सापेक्ष-तेचे तत्त्व यात विरोध नाही; संपूर्ण ऐक्य आहे. थोडक्यात म्हणजे २६. व्या पानावरील आपली सारी विचारधारा साफ चुकीची होती.

आगीतून फुफाट्यात

प्रकाशाचे मार्गक्रमण आणि गतीच्या सापेक्षतेचे तत्त्व यात विरोध आहे, ही कल्पना एकदाची आपण फेकून दिली. आपली विचारधाराच चुकीची होती आणि हा विरोधही फक्त वरवरचा होता; खरा नव्हता. ही चूक आपल्या हातून का झाली?

या प्रश्नाचे उत्तर शोधण्यासाठी १८८१ ते १९०५ पर्यंत २५ वर्षे शास्त्रज्ञ डोकी खाजवीत होते. त्यांनी नवी नवी विवरणे शोधून काढली; पण व्यर्थ. प्रत्येकातून काहीतरी नवे विरोध–विचार व व्यवहार यातील नवे विरोध–निर्माण होत.

समजा एक निरीक्षक बांबूच्या काटक्यांच्या पिंजऱ्यात बसून चालला आहे आणि पिंजऱ्यात ध्वनीचे उद्‌गमस्थान (घंटा) पण ठेवलेले आहे. त्याच्या तोंडावर जोरदार वाऱ्याचा झोत येईल. समजा त्याने आता ध्वनीचा वेग मोजला; पिंजऱ्याच्या गतीच्या दिशेने आणि उलट दिशेने, तर पहिला वेग दुसऱ्याच्या मानाने कमी आहे असे त्याला आढळून येईल पण बांबूच्या उघड्या पिंजऱ्याच्या ऐवजी बंद पिंजरा घेतला तर? सारे दरवाजे आणि खिडक्या अगदी पक्क्या बंद करून घेतलेला पिंजरा घेतला तर? आता बाहेरच्या हवेचा आतल्या हवेवर काहीच परिणाम होणार नाही आणि ध्वनीचा वेग सर्व दिशाना सारखाच आढळून येईल.

ध्वनीच्या ऐवजी आता प्रकाश घेतला तर मायकेल्सन यांच्या प्रयोगाचे स्पष्टीकरण देण्यासाठी आपल्याला आणखी एक गोष्ट गृहीत धरता येईल. बांबूच्या पिंजऱ्याप्रमाणे पृथ्वी भ्रमण करताना ईथरला पूर्वस्थितीत, निश्चल स्थितीत, ठेवत नाही असे मानता येईल. समजा ती स्वतःबरोबर ईथरलाही ओढून नेते; म्हणजे दोघांची मिळून एकच गती बनते. ही कल्पना गृहीत धरली तर मग मायकेल्सन यांच्या प्रयोगाचे विवरण सहज देता येते.

परंतु मग नवीच अडचण निर्माण होते ; इतर अनेक प्रयोगांशी आता विरोध येऊ लागतो. उदाहरणार्थ प्रकाशाचे नळीतून वाहणाऱ्या पाण्यातील मार्गक्रमण घ्या. पृथ्वी स्वत:बरोबर ईथरलाही घेऊन भ्रमण करते असे आपण मानले आणि ते जर खरे असेल तर वाहत्या पाण्याच्या दिशेने प्रकाशाचा वेग हा, स्थिर पाण्यातील त्याचा वेग आणि पाण्याच्या प्रवाहाचा वेग यांच्या बेरजेइतका व्हायला हवा. परंतु प्रत्यक्ष प्रयोग केल्यास हा वेग या बेरजेहून कमी येतो.

ईथरमधून मार्गक्रमण करताना पदार्थांना जाणवण्याइतके घर्षण भासतच नाही, ही मोठी चमत्कारिक गोष्ट आपल्याला आढळून आली. आता पदार्थ ईथरमधून जातात इतकेच नव्हे तर त्यालाही आपल्याबरोबर खेचून नेतात अशी कल्पना केली तर हे घर्षण आणखीच भासायला हवे.

अशा प्रकारे, मायकेल्सन यांच्या प्रयोगातून एक अगदीच अनपेक्षित निष्कर्ष निघाल्यानंतर हा जो विरोध शास्त्रज्ञांपुढे उभा राहिला त्याचे उत्तर त्यांना देता आले नाही ; प्रयत्नांची पराकाष्ठा करूनही काही जमले नाही ; त्यांचे सारे प्रयत्न फोल ठरले.

एकंदरीत सारांश काय ?

नेहमीच्या वस्तूंच्या दृष्टीनेच नव्हे तर प्रकाशाचे मार्गक्रमण आणि म्हणून सर्वच नैसर्गिक घटनाच्या दृष्टीनेही गतीच्या सापेक्षतेचे तत्त्व खरे आहे, ही गोष्ट मायकेल्सन यांच्या प्रयोगातून पुन्हा एकदा सिद्ध झाली.

वेगही सापेक्षच असतात ही गोष्ट गतीच्या सापेक्षतेच्या तत्त्वातून ओघाने येते, हे आपण पूर्वीच पाहिले आहे. एकमेकी सापेक्ष वेगवेगळ्या गतीने प्रवास करणाऱ्या चौकटचांचे वेगही वेगवेगळेच असायला हवेत. पण प्रकाशाचा वेग मात्र सर्वच चौकटीसापेक्ष एकच (म्हणजे दर सेकंदाला ३ लक्ष कि. मी.) असतो. म्हणजेच हा वेग सापेक्ष नाही ; निरपेक्ष आहे.

प्रकरण ४

काल सापेक्ष आहे

विरोध खरोखरीच आहे काय?

वर वर पाहू गेल्यास असे वाटेल की हा शुद्ध तार्किक विरोधाचा प्रश्न आहे. प्रकाशाचा वेग सर्व दिशांना एकच असतो, नित्य असतो. ही गोष्ट सापेक्षतेच्या तत्त्वाच्या सत्यतेचा भरपूर पुरावा आहे. त्याचबरोबर हा वेग निरपेक्ष आहे (म्हणजे तो कशावरही अवलंबून नाही).

तथापि मध्ययुगातील मानव 'पृथ्वी गोल आहे' या सत्याकडे कोणत्या दृष्टीने पाहत असे हे जरा बघु या. त्याच्या दृष्टीने पृथ्वीचे गोलपण आणि गुरुत्वाकर्षणाची शक्ती यांच्यात विरोध होता. याचे कारण काय? त्याला वाटे पृथ्वीवरच्या सर्वच वस्तू पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरून बाहेर घरंगळून पडायलाच हव्यात. तथापि या विधानात विरोध काही सुद्धा नाही, हे आता आपल्याला चांगले ठाऊक झाले आहे. 'वर' आणि 'खाली' ह्या कल्पना सापेक्ष आहेत, निरपेक्ष नाहीत इतकेच!

हीच गोष्ट प्रकाशाच्या मार्गक्रमणालाही लागू पडते.
गतीची सापेक्षता आणि प्रकाशाच्या वेगाची निरपेक्षता यात तर्कदृष्ट्या काहीतरी विसंगती आहे, विरोध आहे, असे समजून तो शोधून काढण्याचा प्रयत्न करणे अगदीच निष्फळ ठरले असते. मध्ययुगातील माणसे 'वर' आणि 'खाली' या कल्पना निरपेक्ष आहेत असे मानीत; आणि त्याच्या आधारावर 'पृथ्वी गोल आहे' या कल्पनेला विरोध करीत. त्याचप्रमाणे वागून आम्ही काही गोष्टी अध्याहृत धरल्या की मग हा विरोध उभा राहतो. मध्ययुगातील माणसांचा अनुभव कोता होता; त्यावेळी लोक फारसा प्रवास करीत नसत आणि पृथ्वीच्या पृष्ठभागाची फारच थोडी



माहिती त्यांना होती. त्यांच्या मूर्खपणाच्या समजुतीचा उगम या परिस्थितीत आहे. तसेच काहीतरी आम्हालाही झालेले दिसते. एक सापेक्ष असलेली गोष्ट कोत्या अनुभवाच्या आधारावर आम्हीही निरपेक्ष मानू लागलो.

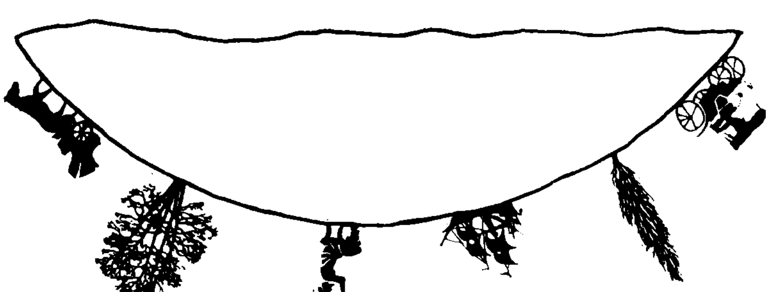
हे कसे?

आता यापुढे आपल्या चुकीवर नेमके बोट ठेवण्यासाठी कुठल्याही समजुतीचा आधार घ्यावयाचा नाही; केवळ प्रयोगसिद्ध गोष्टींचाच आधार घ्यायचा, असे ठरवू या.

चालत्या गाडीत

समजा ५४ लक्ष कि. मी. लांबीची एक गाडी दर सेकंदाला २ लक्ष ४० हजार कि. मी. वेगाने वेग न बदलता सरळरेषेत चालली आहे.

समजा एका विशिष्ट क्षणाला गाडीच्या मध्यभागी कुठेतरी एक दिवा लावला. समजा, पुढल्या व मागल्या डब्याचे दरवाजे दिव्याचा प्रकाश त्यावर पडताक्षणीच उघडतात, अशी स्वयंचलित यंत्रणा गाडीवर बसविण्यात आली



आहे. आता गाडीतील प्रवाशांना काय दिसेल? आणि प्लॅटफॉर्मवरील मंडळींना काय दिसेल?

या प्रश्नाचे उत्तर शोधताना, पूर्वी ठरविल्याप्रमाणे आपण प्रयोगसिद्ध गोष्टींवरच सारा भर देणार आहोत.

गाडीत मध्यभागी बसलेल्या मंडळींना दिसलेले दृश्य असे असेल; मायकेलसन यांच्या प्रयोगानुसार गाडीच्या दृष्टीने (गाडीसापेक्ष) प्रकाशाच्या मार्गक्रमणाचा वेग सर्व दिशांना एकच म्हणजे दर सेकंदाला ३ लक्ष कि. मी. असणार. अर्थात प्रकाश दोन्ही दरवाजांपर्यंत एकाच क्षणी म्हणजे ९ सेकंदांनी जाऊन पोहोचेल. (२७ लक्ष ÷ ३ लक्ष) आणि दोन्ही दरवाजे एकाच वेळी उघडतील.

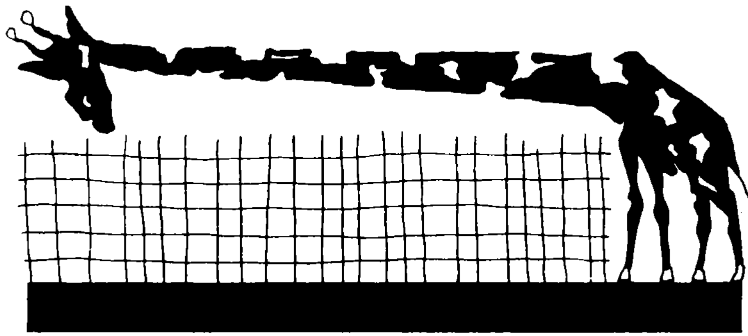
प्लॅटफॉर्मच्या दृष्टीनेही प्रकाशाचा वेग दर सेकंदाला ३ लक्ष कि. मी. असणार. पण मागला दरवाजा प्रकाश किरणांना भेटायला निघालेला आहे. अर्थात प्रकाश किरण मागील दरवाजाशी ५ सेकंदानी $\left(\frac{\text{२७ लक्ष}}{\text{३ लक्ष + २ लक्ष ४० हजार}}\right)$ (३ लक्ष − २ लक्ष ४० हजार) पोहोचेल. पुढच्या दरवाजाच्या बाबतीत प्रकाशाला त्याच्या मागे धावावे लागेल आणि त्याला गाठावे लागेल. साहजिकच तेथे पोहोचण्याला त्याला ४५ सेकंद वेळ लागेल $\left(\frac{\text{२७ लक्ष}}{\text{३ लक्ष — २ लक्ष ४० हजार}}\right)$.

साहजिकच मागचा दरवाजा आधी व पुढचा त्यानंतर ४० सेकंदानी (४५ − ५) उघडला, वेगवेगळया वेळी ते उघडले असे प्लॅटफॉर्मवरील मंडळींना वाटेल.

म्हणजेच (गाडीच्या पुढला व मागला दरवाजे उघडण्याच्या) दोन संपूर्णपणे अगदी सारख्या क्रिया गाडीतील मंडळींच्या दृष्टीने एकाच वेळी घडल्या; तर प्लॅटफॉर्मवरील मंडळींच्या दृष्टीने त्या ४० सेकंदांच्या अंतराने घडल्या.

"व्यवहारज्ञाना"चा निकाल लागला

यात काही विरोध आहे का? कदाचित आपण शोधून काढलेली गोष्ट अगदी बाष्कळपणाची वाटेल; डोक्यापासून शेपटापर्यंत मगरीची लांबी २ मीटर भरते आणि शेपटापासून डोक्यापर्यंत १ मीटर भरते, असे म्हणण्या-इतकेच हे बाष्कळपणाचे वाटेल.





आपण काढलेला निष्कर्ष प्रयोगाशी पूर्णपणे जुळतो. मात्र वेडगळपणाचा वाटतो असे का याचा शोध घेऊ या.

दोन निसर्गघटना गाडीतील लोकांच्या दृष्टीने एकाच वेळी घडल्या; आणि प्लॅटफॉर्मवरील मंडळींच्या दृष्टीने मात्र ४० सेकंदांच्या अंतराने घडल्या. कितीही आणि कसाही विचार केला तरी यात तर्कदृष्टचा काही विसंगती आहे, असे आढळून येणार नाही.

आपल्या निष्कर्षांचा कडवा विरोध येतो तो "व्यवहारज्ञानाशी". आपल्या समाधानासाठी तेवढी एकच गोष्ट आपण सांगू शकतो.

पण मध्ययुगातील माणसाच्या 'व्यवहारज्ञानाने' "पृथ्वी सूर्याभोवती फिरते" या सत्याविरुद्ध असेच बंड पुकारले होते ह्याची आठवण आहे ना? त्याचा अनुभवही त्याला निर्विवादपणे सांगत होता की पृथ्वी स्थिर आहे;

आणि सूर्य तिच्याभोवती फिरतो आणि पृथ्वी गोल असणेच शक्य नाही याचा हा जो वेडगळपणाचा पुरावा दिला जाई त्याबद्दल "व्यवहारज्ञाना"लाच जबाबदार धरायला नको काय? "व्यवहारज्ञान" आणि सत्यस्थिती याविषयी एक सुप्रसिद्ध विनोदी कथा आहे. एक होता गुराख्याचा पोर! तो प्राणिसंग्रहालयात गेला. तेथे त्याला एक जिराफ दिसला. तो जगावेगळा प्राणी पाहून त्याच्या तोंडून उद्गार बाहेर पडले: "छे:! हे शक्यच नाही."

"व्यवहारज्ञान" "व्यवहारज्ञान" म्हणजे शेवटी असते तरी काय? रोजच्या जीवनात आपल्या मनात ज्या कल्पना दृढमूळ झालेल्या असतात, सवयी दृढमूळ झालेल्या असतात त्यांची गोळाबेरीज; दुसरे काही नाही.

"व्यवहारज्ञान" म्हणजे आपल्या अनुभवाच्या व्याप्तीवर आधारलेली अपेक्षांची एक विशिष्ट पातळी असते.

गाडीवर एकाच वेळी घडून आलेल्या दोन घटना प्लॅटफॉर्मवरून ४० सेकंदांच्या अंतराने दिसतात, हे समजून घेण्यात अडचण भासते; ही अडचण जिराफ हा प्राणी प्रथमच पाहिल्यावर गुराख्याच्या पोराच्या मनात जी अडचण उभी राहिली तिच्यासारखीच आहे. त्या मुलाने हा प्राणी पूर्वी कधीच पाहिला नव्हता; त्याचप्रमाणे आम्हीही कधी दर सेकंदाला २ लक्ष ४० हजार कि. मी. या प्रचंड वेगाने (किंवा त्याच्या आसपासही) कधी प्रवास केलेला नाही. या असल्या प्रचंड वेगांशी गाठ पडते शास्त्रज्ञांची! तेव्हा आम्हाला आमच्या दररोजच्या जीवनात ज्या गोष्टी आढळतात त्याहून फारच वेगळ्या गोष्टी त्यांना जर आढळल्या तर त्यात नवल वाटण्यासारखे काही नाही.

मायकेल्सन यांच्या प्रयोगातून शास्त्रज्ञांना जो अनुभव आला तो अगदीच अनपेक्षित होता; त्यातून त्यांना काही नव्या गोष्टी कळून आल्या आणि – "व्यवहारज्ञान" गुंडाळून ठेवून – एकसमावच्छेदासारख्या (गोष्टी एकाचवेळी घडणे) काही उघड आणि सर्वत्र आढळणाऱ्या सामान्य कल्पनांची फेरतपासणी करणे भाग पडले.

"सामान्यज्ञाना"चा आधार घेऊन या नव्या घटना अजिबात घडणे शक्यच नाही असे सांगणे अधिक सापे होते; पण मग आपली गत त्या गुराख्याच्या पोरासारखी झाली असती. जिराफ दिसताच त्याचा स्वतःच्या डोळ्यांवरच विश्वास बसेना!

जी गत अवकाशाची तीच काळाचीही !

"व्यवहारज्ञानाशी" दोन हात करायला विज्ञान कधी भीत नाही. त्याला खरी भीती वाटते ती वेगळीच असते. प्रचलित समजुती आणि नवे अनुभवजन्य ज्ञान यात विसंगती येईल की काय याची त्याला भीती वाटते ; आणि असे जर यदाकदाचित घडले तर ते प्रचलित समजुतींचा चुराडा करून टाकते आणि आमच्या ज्ञानाची पातळी आणखी उंचावर नेते.

एकाच वेळी घडणाऱ्या गोष्टी कुठल्याही चौकटीच्या दृष्टीने एकाच वेळी घडतात असे आपण समजत होतो. पण ही आपली समजूत चुकीची होती हे अनुभवाने आपल्याला सिद्ध करून दिले. ती गोष्ट फक्त चौकटीच्या एकाच प्रकाराच्या दृष्टीने खरी होती ; एकमेकींच्या दृष्टीने विरामावस्थेत असलेल्या चौकटींच्या दृष्टीने खरी होती. परंतु, उलटपक्षी, जर दोन चौकटी एकमेकींच्या दृष्टीने चल असतील तर एकीत एकाच वेळी घडलेल्या गोष्टी दुसरीत काही कालांतराने घडतात असेच मानावे लागते ; एकसमयावच्छेदाची कल्पना सापेक्ष बनते ; ज्या चौकटीत त्या गोष्टी नजरेस आल्या त्या चौकटीच्या गतीविषयी माहिती दिली तरच त्याला काही अर्थ प्राप्त होतो.

पान ... वर आपण कोनात्मक सापेक्षतेचे एक उदाहरण पाहिले. समजा दोन ताऱ्यांमधील कोनात्मक अंतर पृथ्वीवरून पाहिल्यास शून्य आहे ; म्हणजेच ते दोन्ही तारे एकाच सरळरेषेत आहेत. आता आपला दररोजचा अनुभव लक्षात घेता 'हे निरपेक्ष सत्य आहे' या समजुतीला कधीच धक्का बसत नाही. पण जरा सूर्यमालेच्या बाहेर जाऊन त्यांचे निरीक्षण करा. आता हे कोनात्मक अंतर शून्य नाही, असेच आपल्याला आढळून येईल.

म्हणजे पृथ्वीवरून निरीक्षण करताना जे तारे एकाच रेषेत दिसतात तेच अवकाशातील दुसऱ्या एखाद्या स्थळावरून कदाचित तसे दिसणारही नाहीत ; ही गोष्ट आजच्या मंडळींना उघड दिसते ; परंतु मध्ययुगीन माणसाला मात्र ही कल्पना अगदी वेडगळपणाची वाटली असती ; कारण आकाश म्हणजे ताऱ्यांची खडी लावलेला एक घुमट आहे, अशीच त्याची ठाम समजूत होती.

समजा, आपल्याला कोणी असा प्रश्न विचारला की, "काय हो ! चौकटींचे एक राहू द्या ; पण दोन गोष्टी खरोखरीच एकाच क्षणाला घडतात काय ?" दुर्दैवाने या प्रश्नात काहीच अर्थ नाही. कोणत्या स्थळापासून आपण

निरीक्षण करीत आहोत हे न सांगताच 'हे दोन तारे खरोखरीच एका रेषेत आहेत बरे का!' असे म्हणण्याइतकेच हे विधानही मूर्खपणाचे आहे. खरी गोष्ट अशी आहे की एकसमयावच्छेद ही गोष्ट केवळ त्या दोन घटनांवरच अवलंबून नसते तर ह्या दोन घटना ज्या चौकटीतून आपण पाहत आहोत, त्या चौकटीवरही अवलंबून असते. दोन तारे एकाच रेषेत असणे ही गोष्ट ज्याप्रमाणे केवळ त्यांच्या स्थानांवर अवलंबून नसते, निरीक्षण स्थानावरही अवलंबून असते, त्यातलाच हा प्रकार आहे.

जोपर्यंत आपला संबंध प्रकाशाच्या वेगाच्या मानाने अगदीच क्षुद्र अशा वेगांशी येत असे, तोपर्यंत एकसमयावच्छेद ही गोष्ट सापेक्ष आहे, हे आपल्याला ठाऊक नव्हते. कालांतराने आपला संबंध प्रकाशाच्या वेगाशी ज्यांची तुलना करता येईल अशा वेगांशी येऊ लागला; आणि त्यानंतरच आपल्याला आपल्या एकसमयावच्छेदाच्या कल्पनेची फेरतपासणी करणे भाग पडले.

पृथ्वीच्या आकाराच्या मानाने दूर अंतरावर मनुष्य जाऊ लागला, तेव्हाच त्याला 'वर' आणि 'खाली' या कल्पनांची फेरतपासणी करावी लागली. तत्पूर्वी 'पृथ्वी सपाट आहे' ह्या समजुतीचा अनुभवाशी कुठेच संघर्ष येत नव्हता.

प्रकाशाच्या वेगाच्या जवळपासच्या वेगाने आपल्याला आजही प्रवास करता येत नाही, आपल्या जुन्या कल्पनांच्या दृष्टीकोनातून विरोधी भासणाऱ्या सर्वच गोष्टींचे आजही आपल्याला निरीक्षण करता येत नाही हे खरेच आहे. परंतु आधुनिक प्रयोगाचे तंत्र खूपच पुढे गेले आहे; त्यामुळे अनेक निसर्गघटनात या गोष्टींचा निर्णायक पुरावा आपल्याला मिळू शकतो.

म्हणजे जी गत अवकाशाची तीच काळाचीही! "एकाच जागी" हे शब्द जितके निरर्थक आहेत तितकेच "एकाच वेळी" हेही शब्द निरर्थक.

दोन गोष्टीं एकमेकींपासून किती अंतरावर आहेत हे सांगताना चौकट सांगावी लागते त्याचप्रमाणे त्या घटना किती कालांतराने घडल्या या प्रश्नाचे उत्तर देतानाही चौकट सांगावीच लागते.

शास्त्राचा विजय

काल सापेक्ष आहे, या शोधामुळे माणसाच्या सृष्टीविषयक कल्पना आमूलाग्र बदलून गेल्या. हा विजय जुन्यापुराण्या, शतकाशतकांच्या मागासले-

ल्या कल्पनांवर मनुष्याच्या बुद्धीने मिळविलेल्या महान विजयांपैकी एक आहे. त्याची तुलना 'पृथ्वी गोल आहे' या शोधाने मनुष्याच्या कल्पनेत जो क्रांतिकारक बदल घडून आला त्याच्याशीच होऊ शकेल.

काल सापेक्ष आहे, हा शोध १९०५ साली आल्बर्ट आईन्स्टाइन (१८८० ते १९५५) या महान शास्त्रज्ञाने लावला. ते विसाव्या शतकातील सर्वश्रेष्ठ वैज्ञानिक होते. त्यावेळी त्यांचे वय अवघे २५ वर्षांचे होते. या शोधाने त्यांना मानवी प्रज्ञावंतांच्या पहिल्या रांगेत नेऊन बसविले; कोपर्निकस्, न्यूटन आदि विज्ञानातील श्रेष्ठ आचार्यांच्या पंक्तीला नेऊन बसविले.

"निसर्ग–विज्ञानाला आमूलाग्र बदलून टाकणाऱ्या थोर विचारवंतांपैकी एक महान विचारवंत" असे आईन्स्टाइन यांचे वर्णन लेनिन करीत असत.

कालाच्या सापेक्षतेचा हा सिद्धांत आणि त्याचे उपसिद्धांत यांना 'सापेक्षतेचा खास सिद्धांत' असे सर्वसामान्यपणे संबोधण्यात येते. या सिद्धांताची गतीच्या सापेक्षतेच्या सिद्धांताशी गल्लत करता कामा नये.

वेगालाही मर्यादा आहे

दुसऱ्या महायुद्धापूर्वी विमानांचा वेग ध्वनीच्या वेगाच्या मानाने खूपच मंद होता. आज आपल्याजवळ स्वनातीत विमाने आहेत. (त्यांचा वेग ध्वनीच्या वेगालाही मागे टाकतो.) रेडिओ लहरींचा वेग प्रकाशवेगाइतका आहे. प्रकाशाच्याही वेगाला मागे टाकील अशा वेगाने संदेश पाठवू शकेल असे 'प्रकाशातीत' तारायंत्र आपल्याला बनविता येणार नाही का? नाही. ते अशक्य आहे.

जर आपण अनंत वेगाने संदेश पाठवू शकलो असतो तर कोणत्याही दोन घटना आपल्याला एकाच वेळी घडवून आणता आल्या असत्या. एक संदेश ज्या क्षणी पोहोचेल त्याच क्षणाला दुसऱ्या घटनेचाही संदेश तेथे पोहोचल्यास, अनंत वेगाने पोहोचल्यास, दोन्ही घटना एकसमयावच्छेदे घडल्या असे म्हणता आले असते. म्हणजेच ज्या प्रयोगशाळेच्या दृष्टीने आपण 'या दोन घटना एकाच वेळी घडल्या' असे विधान करू, तिच्या गतीशी काहीही संबंध नाही असे निरपेक्ष स्वरूप त्याना देता आले असते.

परंतु प्रयोगाअंती काल निरपेक्ष आहे, ही गोष्ट चुक ठरली आहे. म्हणजेच संदेशवहन किंचितही कालहरण न करता करणेच अशक्य आहे.

अवकाशातील एका स्थळापासून दुसऱ्या स्थळापर्यंत वहनाचा वेग अनंत असणेच शक्य नाही ; दुसऱ्या शब्दात सांगावयाचे तर वहन वेग एका विशिष्ट अंतिम वेगाहून जास्त असणेच शक्य नाही, कमाल वेगमर्यादेहून जास्त असणेच शक्य नाही.

ही वेगमर्यादा प्रकाशवेगाशी जुळते.

म्हणजेच गतीच्या सापेक्षतेच्या तत्त्वानुसार एकमेकींच्या दृष्टीने (समवेगाने व एकाच सरळरेषेत) प्रवास करणाऱ्या सर्वच चौकटीत निसर्ग नियम समानच असतील. एका विशिष्ट मर्यादेहून कोणताही वेग जास्त असूच शकत नाही, हे विधानही एक सृष्टिनियमच आहे ; म्हणजेच कोणतीही प्रयोगशाळा घ्या तेथे वेगाची कमालमर्यादा एकच आढळून येईल. प्रकाशवेगाच्या अंगी हे गुण आहेत, हे आपण आतापर्यंत पाहिलेच आहे. तेव्हा प्रकाशाचा वेग हा निव्वळ निसर्ग घटनांच्या क्रमणाचा वेग नाही. तो कमाल वेग आहे. यात त्याचे वैशिष्टच साठविलेले आहे.

विश्वात कमाल वेग म्हणून काहीतरी एक चीज आहे हा शोध मानवी प्रज्ञेच्या महान यशांपैकी एक आहे. मानवाची प्रयोगक्षमता किती जबरदस्त आहे याचा तो पुरावा आहे.

१९ व्या शतकात वेगाला अशी काही कमाल मर्यादा असू शकेल हे वैज्ञानिकांना दिसत नव्हते ; त्याचे अस्तित्व सिद्ध करता येईल असे त्यांना वाटत नव्हते. इतकेच नाही ; जरी यदृच्छया त्यांना प्रयोग करता करता अचानकपणे असा शोध लागला असता, तरीसुद्धा हा एक निसर्गनियम आहे ; निव्वळ आपल्या मर्यादित प्रयोगक्षमतेचा परिणाम नाही, अशी त्यांना खात्री वाटली नसती.

कमाल वेगाच्या अस्तित्वाचे मूळ खुद्द वस्तूंच्या स्वरूपातच आहे ही गोष्ट सापेक्षतेच्या सिद्धांतानेच उघड केली. "अहो! पृथ्वीवर एकमेकांपासून २० हजार कि. मी. अंतराहून जास्त अंतरावर असलेली स्थळे असतीलही ; ती सापडत नाहीत याचे कारण आपले ज्ञान मर्यादित आहे ; हा काही भूगोलाचा नियम नव्हे ; भूगोलात आणखी शोध लागू द्यात ; म्हणजे एके दिवशी याहून जास्त अंतरावर असलेली स्थळे पृथ्वीतलावर सापडतीलही" असे म्हणणे जितके मूर्खपणाचे ठरेल तितकेच "जरा थांबा! तांत्रिक ज्ञानाचा आणखी विकास होऊ द्या; म्हणजे प्रकाशवेगाहून जास्त वेगाने आपण जाऊ ;" असे म्हणणे मूर्खपणाचे आहे.

प्रकाशाचा वेग सृष्टीत अशी अपवादात्मक कामगिरी करतो याचे कारण कोणत्याही वस्तूच्या मार्गक्रमणाच्या दृष्टीने प्रकाशाचा वेग सर्वोच्च वेग आहे, हे आहे. प्रकाश सर्व निसर्गघटनांना मागे तरी टाकतो, किंवा निदान त्यांच्या बरोबर जाऊन पोहोचतो.

समजा सूर्याचे दोन तुकडे झाले आणि आता दोन तारे झाले तर मग पृथ्वीच्याही गतीत फरक पडणे नैसर्गिक आहे.

१९ व्या शतकातील शास्त्रज्ञाला निसर्गात कमाल वेग म्हणून काही चीज आहे हे माहीत नव्हते. अर्थात सूर्याचे दोन तुकडे होताच अगदी त्याच क्षणाला पृथ्वीच्याही गतीत बदल होईल असेच त्याने मानले असते. पण वस्तुस्थिती तशी नाही. फुटलेल्या सूर्यापासून पृथ्वीपर्यंतचे अंतर तोडायला प्रकाशाला तब्बल आठ मिनिटे लागली असती.

म्हणजेच पृथ्वीच्या भ्रमणगतीतील फरक सूर्याचे तुकडे झाल्यानंतर आठ मिनिटांनी झाला असता. त्या क्षणापर्यंत जणू काही सूर्य फुटलेलाच नाही, अशाच रीतीने पृथ्वीची गती पूर्ववत चालूच राहिली असती. सूर्यावर किंवा त्याच्याबाबत जे जे काही घडेल त्याचा पृथ्वीवर किंवा तिच्या गतीवर परिणाम घडून यायला आठ मिनिटे लागतील; तोपर्यंत काही होणार नाही.

संदेशवहनाच्या वेगाला कमाल मर्यादा आहे, म्हणून आपल्याला दोन गोष्टी एकाच वेळी घडल्या हे सिद्धच करता येणार नाही असे नाही. संदेशवहनात केवढे कालांतर पडले हे पाहिले म्हणजे झाले. त्यासाठी हीच पद्धत नेहमी वापरण्यात येते.

कृतीच्या एकसमयावच्छेदाची सिद्धता देण्याची ही पद्धत या कल्पनेच्या सापेक्षतेशी जुळणारीच आहे. वेळेतला हा फरक शोधून काढणे अगदी सोपे आहे. या दोन गोष्टी ज्या ठिकाणी घडल्या त्यांच्यातील अंतराला प्रकाशवेगाने भागले म्हणजे झाले. उलटपक्षी आपण पूर्वी मुंबई – दिल्ली मार्गावरील आगगाडीतील पत्रांच्या उदाहरणात अवकाशातील एखाद्या विशिष्ट जागेची स्थलनिश्चिती ही गोष्ट सापेक्षच असते हे पाहिलेच आहे.

आधी आणि नंतर

मघाचेच आईन्स्टाइन आगगाडीचे उदाहरण पुनः घेऊ या. समजा त्यातील दरवाजे आपोआप उघडण्याची यंत्रणा मोडली आहे आणि गाडीतील

प्रवाशांना पुढला दरवाजा मागल्याच्या १५ सेकंद आधी उघडल्याचे दिसले. प्लॅटफॉर्मवरील मंडळींना आता मागला दरवाजा ४० — १५ = २५ सेकंद आधी उघडल्याचे दिसेल. म्हणजेच जी गोष्ट एका चौकटीत आधी घडली, तीच दुसऱ्या चौकटीच्या दृष्टीने उशीरा घडली.

'आधी' व 'नंतर' या कल्पनांच्या ह्याही सापेक्षतेला, सगळे काही सांगितल्यानंतर, मर्यादा असल्या पाहिजेत असे आपल्याला वाटेल. काही झाले तरी (कोणत्याही चौकटीतून पाहिले तरी) मूल आईच्या आधी जन्माला आले, असे होण्याचा संभव नाही.

समजा सूर्यावर एक डाग बनला. हा डाग सूर्याचे वेध घेणाऱ्या ज्योतिषाला दुर्बिणीतून आठ मिनिटानंतर दिसेल. या आठ मिनिटानंतर तो जे काही करील, ते डाग जन्माला आल्यानंतरचे आहे, निरपेक्षपणे नंतरचे आहे. 'नंतर' म्हणजे पृथ्वी आणि तो ज्योतिषी यांचे निरीक्षण करणाऱ्या कोणत्याही चौकटीच्या दृष्टीने नंतर! उलटपक्षी डाग जन्माला येण्याच्या आठ मिनिटांच्या आधी ज्योतिष्याच्या बाबतीत जे जे काही घडले (म्हणजेच डाग जन्माला येण्याच्या आधीच्या घटनेचा प्रकाशसंदेश सूर्यपर्यंत पोहोचण्याच्या आधी जे जे काही घडले) ते सर्व निरपेक्षपणे आधी घडले, असे होईल.

उदाहरणार्थ या दोन सीमांच्या मधल्या काळात ज्योतिष्याने डोळयावर चष्मा चढविला तर डागाचा जन्म आणि चष्मा चढविण्याची क्रिया यांच्यातील कालसंबंध आता निरपेक्ष राहणार नाही.

ज्योतिषी आणि सूर्याचा डाग या दोघांच्याही दृष्टीने आपण आता अशा ठिकाणी जाऊ शकतो की जेथून आपल्या इच्छेनुसार ज्योतिषाने चष्मा घातल्याची क्रिया डागाच्या जन्माच्या दृष्टीने आधी, नंतर किंवा तत्क्षणीच घडल्याचे दिसेल. ही गोष्ट अर्थात आपल्या गतीवर व गतीच्या दिशेवर अवलंबून राहील.

म्हणजे घटनांमध्ये कालसंबंधाचे तीन प्रकार आहेत, हे सापेक्षतेच्या सिद्धांताने आपल्याला दाखवून दिले — निरपेक्ष आधी, निरपेक्ष नंतर आणि आधी नव्हे व नंतरही नव्हे किंवा ज्यात बिनचूकपणे सांगायचे तर आधी किंवा नंतरचे संबंध, घटनांचे निरीक्षण करण्याच्या चौकटीवरून अवलंबून असलेले कालसंबंध, असे हे प्रकार आहेत.

प्रकरण ५

चमत्कारिक घड्याळे आणि मोजपट्ट्या

पुन्हा एकदा गाडीत

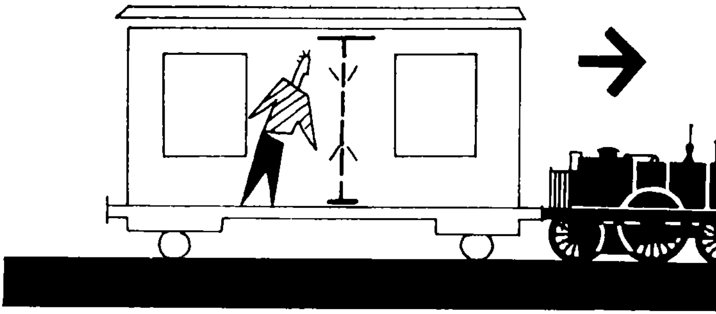
आपण पुन्हा एकदा आईन्स्टाइन गाडीत बसलो आहेत, असे समजू या. रस्त्याला अंत नाही. दोन स्टेशनांमधील अंतर ८६ कोटी ४० लक्ष कि. मी. आहे. दर सेकंदाला २ लक्ष ४० हजार कि. मी. या वेगाने चालत असल्यास तिला हे अंतर तोडायला १ तास लागेल.

समजा दोन्ही स्टेशनांवर घड्याळे आहेत. पहिल्या स्टेशनावर एक उतारू गाडीत चढला आणि तेथील घड्याळाप्रमाणे त्याने स्वत:चे घड्याळ लावले. दुसऱ्या स्टेशनावर पोहोचल्यावर तो स्वत:च्या घड्याळाकडे पाहू लागला आणि काय आश्चर्य! घड्याळ मागे पडले आहे.

घड्याळ दुरुस्तीला टाकायला हवे, म्हणून तो दुकानात गेला. घड्याळजीने सांगितले, "छे: हो? घड्याळाला काहीही झालेले नाही."

मग झाले काय?

याचा पत्ता लावू या. समजा तो प्रवासी डब्याच्या तळाशी ठेवलेल्या बॅटरीतून वर प्रकाश सोडत आहे. वर आढ्याला आरसा आहे. अर्थात प्रकाश परतून पुन्हा परत बॅटरीकडे येणार. प्रवाशाला दिसणारा प्रकाशाचा मार्ग पहिल्या आकृतीत दाखविला आहे. परंतु प्लॅटफॉर्मवरच्या माणसाला तो मार्ग वेगळाच दिसेल. टॉर्चपासून वर आरशापर्यंत पोहोचायला प्रकाशाला काही वेळ लागेल: तेवढ्या वेळात गाडीच्या चालण्यामुळे आरसाही पुढे गेलेला असेल. प्रकाशाला टॉर्चपर्यंत परत फिरायला जो वेळ लागला तेवढ्या वेळात टॉर्चही तितकेच अंतर पुढे सरकला असेल.



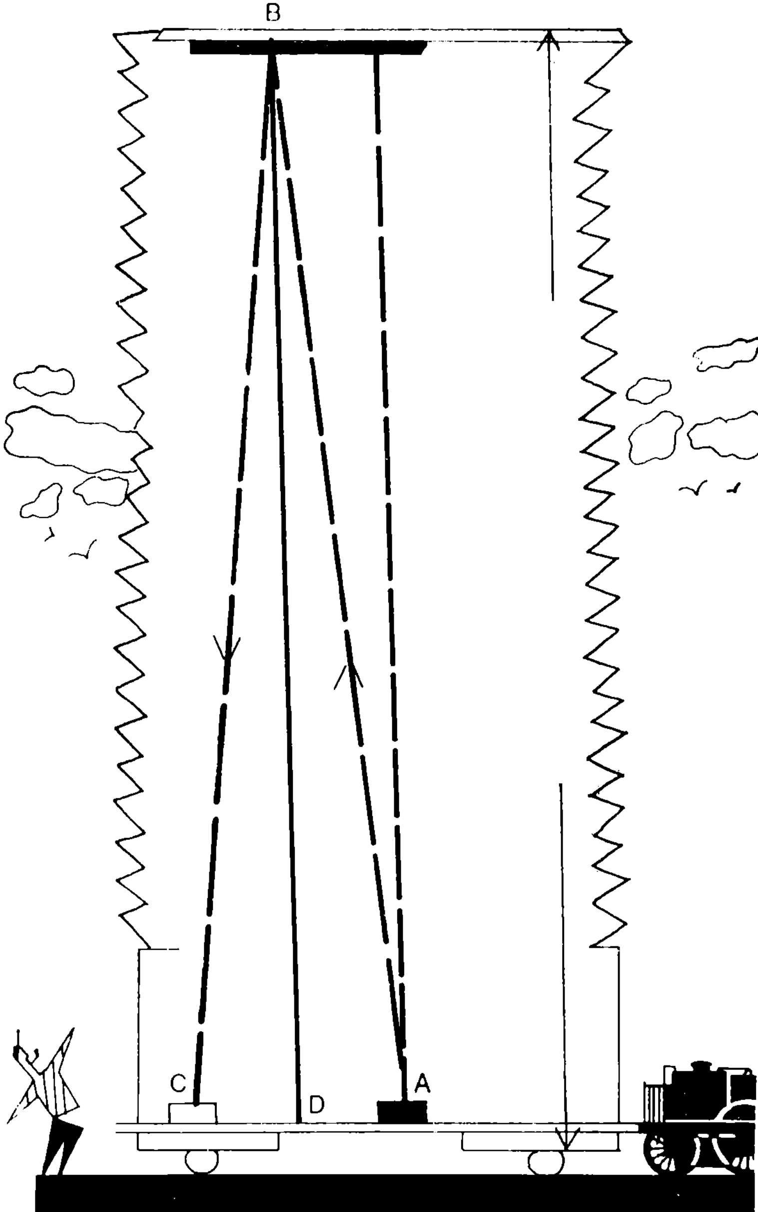
म्हणजे प्लॅटफॉर्मवरच्या माणसाच्या दृष्टीने प्रकाशाने तोडलेले अंतर प्रवाशाच्या दृष्टीने तोडलेल्या अंतराहून जास्त आहे. त्याच बरोबर प्रकाशाचा वेग निरपेक्ष असतो, हे आपण पाहिलेलेच आहे. म्हणजे हा वेग प्रवाशाच्या दृष्टीने आणि प्लॅटफॉर्मवरील माणसाच्या दृष्टीने, दोघांच्याही दृष्टीने एकच आहे. याचा अर्थ असा की प्रकाशकिरण निघून पुन्हा परत येईपर्यंतचा स्टेशनवरील काळ गाडीवरील काळापेक्षा जास्त मोठा आहे.

किती मोठा आहे? हिशेब करू या. हिशेब सोपा आहे. समजा प्लॅटफॉर्मवरच्या माणसाला असे आढळून आले की प्रकाशकिरणाला जाऊन परत यायला १० सेकंदे लागली. म्हणजे या १० सेकंदात प्रकाशाने ३ लक्ष × १० = ३० लक्ष कि. मी. अंतर तोडले. म्हणजेच अबक (ABC) ह्या समद्विभुज त्रिकोणाच्या अब (AB) व बक (BC) या दोन बाजू प्रत्येकी १५ लक्ष कि. मी. झाल्या. अक (AC) किती? अर्थात १० सेकंदात गाडीने कापलेल्या अंतराइतकी म्हणजेच २ लक्ष ४० हजार × १० = २४ लक्ष कि. मी.

डब्याची उंची किती? अर्थात अबक (ABC) त्रिकोणाच्या उंचीइतकी, बड (BD) इतकी.

काटकोन त्रिकोणात $\text{अब}^2 = \text{अड}^2 + \text{बड}^2$ म्हणून डब्याची उंची $\text{बड} = \sqrt{\text{अब}^2 - \text{अड}^2} = \sqrt{(\text{१५ लक्ष})^2 - (\text{१२ लक्ष})^2} = \text{९ लक्ष}$ कि. मी. उंची खूपच वाटते; नाही का? पण त्यात नवल वाटण्यासारखे काहीच नाही. कारण आपली आईन्स्टइन गाडी तशीच अवाढव्य आहे.

उतारूच्या दृष्टीने प्रकाशाने किती अंतर तोडले? उंचीच्या दुप्पट


B
C
D
A

म्हणजेच २ × ९ लक्ष कि. मी. = १८ लक्ष कि. मी. त्याला वेळ किती लागला? $\frac{\text{१८ लक्ष}}{\text{३ लक्ष}}$ = ६ सेकंद.

घड्याळाची गंमत

रेल्वे स्टेशनवर १० सेकंद वेळ गेला; गाडीवर मात्र ६ च सेकंदे गेली. म्हणजे स्टेशनवरील घड्याळाच्या दृष्टीने गाडी पुढच्या स्टेशनवर पोहोचली तेव्हा १ तास झाला होता; परंतु उतारूच्या घड्याळाप्रमाणे ६० × $\frac{६}{१०}$ = ३६ मिनिटेच झाली. म्हणजेच उतारूचे घड्याळ दर तासाला स्टेशनच्या घड्याळाच्या २४ मिनिटे मागे पडते.

गाडीचा वेग जेवढा जास्त तेवढे काळातील हे अंतरही वाढेल हे सहज लक्षात येईल.

इतकेच काय, गाडीचा वेग ज्या प्रमाणात प्रकाशाच्या वेगाच्या बरोबर येईल तितक्या प्रमाणात गाडीच्या मार्ग दाखविणारी अड ही रेषा प्रकाशाचा मार्ग दाखविणाऱ्या अब कर्णाच्या जवळजवळ येऊ लागेल. म्हणजेच बडची लांबी कर्णाच्या मानाने खूपच कमी होत जाईल. परंतु गाडीचे प्लॅटफॉर्मशी असलेले वेळेबाबतचे नाते याच संबंधावर अवलंबून आहे. गाडीचा वेग खूप वाढविला; अगदी प्रकाशवेगाच्या जवळ जवळ आणला तर गाडीतील वेळ स्टेशनवरील वेळाच्या मानाने अगदीच कमी होईल. गाडीचा वेग प्रकाशाच्या वेगाच्या. ९९९९ इतका केला तर स्टेशनवरील एका तासात गाडीवर फक्त १ च मिनिट झालेला असेल.

याचा अर्थ असा की गाडीतील घड्याळे नेहमी विरामावस्थेतील घड्याळाच्या मागे पडतात. याचा सापेक्षतेच्या तत्त्वाशी कुठे विरोध येतो का?

याचा अर्थ असा आहे का की इतर सर्व घड्याळांपेक्षा जे घड्याळ पुढे जाते ते निरपेक्ष विरामावस्थेत आहे?

नाही. असा त्याचा अर्थ होत नाही; कारण गाडीतील घड्याळ आणि स्टेशनवरील घड्याळ यांची आपण जी तुलना केली ती अगदी वेगवेगळया परिस्थितीत केली. खरे म्हणजे येथे दोन नव्हे तर तीन घड्याळे आहेत.

प्रवाशाने आपले घड्याळ दोन वेगवेगळ्या घड्याळांशी, वेगवेगळ्या स्टेशनांवरील घड्याळांशी ताडून पाहिले. उलट गाडीत पुढील डब्यात एक व मागील डब्यात एक अशी जर दोन घड्याळे असती, तर स्टेशनच्या घड्याळाशी गाडीतील घड्याळे ताडून पाहणाऱ्या स्टेशनवरील निरीक्षकाला, गाडी समोरून झपाट्याने निघून जात असताना, स्टेशनवरील घड्याळ नेहमीच मागे पडले आहे, असे दिसून आले असते.

गाडी जर स्टेशनच्या दृष्टीने समवेगाने आणि एकाच सरळरेषेत जात असेल तर गाडी स्थिर आहे, आणि स्टेशन हलते आहे असे मानायला काहीच प्रत्यवाय नाही. त्यातील निसर्गनियम एकच आढळून येतील.

स्वतःच्या घड्याळाच्या दृष्टीने स्वतः स्थिर असलेल्या प्रत्येक मनुष्याला इतर सर्व घड्याळे पुढे चालली आहेत असे दिसेल आणि वेग जसजसा वाढेल तसतशी ती आणखीच पुढे चालली आहेत असे दिसेल.

समजा दोन माणसे दोन तारेच्या खांबाशी उभी आहेत. दोघेही म्हणतील, "मी ज्या खांबाकडे पाहत आहे तो खांब दुसऱ्या माणसापेक्षा माझ्याशी जास्त मोठा कोन करतो." त्यातलीच ही गत!

आता अशी कल्पना करू या की आपली आईन्स्टाइन गाडी वर्तुळाकार मार्गाने चालली आहे; सरळ मार्गाने नव्हे. म्हणजे काही काळाने ती परत आपल्या जागी येईल. त्यातल्या उतारूला वाटेल की आपले घड्याळ हळू चालले आहे; गाडीचा वेग जसजसा वाढेल तसतसे ते जास्तजास्तच मागे पडू लागेल. गाडीचा वेग खूप वाढविला तर स्टेशनमास्तरच्या दृष्टीने अनेक वर्षे गेली असताना उतारूला फक्त एकच दिवस झाल्यासारखे वाटेल; इतकेच नव्हे तर तो एका दिवसाच्या प्रवासानंतर परत येईल तेव्हा त्याला आपली मित्रमंडळी, नात्यागोत्यातली मंडळी सगळी मरून गेली आहेत, असेही आढळून येईल.

वर्तुळाकार रेल्वेवरील या प्रवासात तुलना फक्त दोनच घड्याळात आहे. एक स्टेशनवरचे आणि दुसरे प्रवाशाच्या हातातले.

यात सापेक्षतेच्या तत्त्वाला विरोध येतो असे काही आहे का? उतारू विरामावस्थेत आहे; आणि स्टेशन त्याच्याभोवती आईन्स्टाइन गाडीच्या वेगाने वर्तुळाकार फिरत आहे, असे आपण मानू शकतो का? तसा विचार करू लागलो तर स्टेशनवर फक्त एकच दिवस गेला आणि गाडीतील उतारूं-

च्या दृष्टीने मात्र कित्येक वर्षे गेली असा निष्कर्ष काढावा लागेल. हा निष्कर्ष चुकीचा आहे. कसा ते पाहू या.

वस्तू स्थिर आहे असे आपण मानू शकतो ; पण केव्हा? जर तिच्यावर बाह्यप्रेरणेचा परिणाम घडत नसेल तर. आता हे खरे की विरामावस्था अनेक असू शकतात. त्यांची संख्या अगणित आहे आणि दोन स्थिरवस्तू कदाचित एकमेकींच्या दृष्टीने समवेगाने व एकाच सरळरेषेत जात असती-लही. परंतु वर्तुळाकार मार्गाने जाणाऱ्या आईन्स्टाइन गाडीतील घड्याळावर केंद्रोत्सारी शक्तीचा परिणाम होत असतो. तेव्हा या स्थितीला विरामावस्था म्हणताच येणार नाही. तेव्हा स्टेशनवरील घड्याळ आणि गाडीतील घड्याळ यांनी दर्शविलेल्या वेळातील फरक निरपेक्ष आहे.

समजा दोन माणसांची घड्याळे ती एकत्र असताना एकच वेळ दर्श-वितात. समजा आता ते एकमेकांपासून दूर गेले आणि पुन्हा काही काळाने एकत्र आले. यांच्यापैकी जो विरामावस्थेत होता किंवा समवेगाने व सरळ-रेषेत जात होता त्याचे घड्याळ पुढे जाईल कारण त्याच्यावर कुठल्याही शक्तीचा परिणाम झालेला नाही.

वर्तुळाकार रेल्वेवर प्रकाशवेगाजवळच्या वेगाने केलेल्या प्रवासाची ही कल्पना आपल्याला वेल्सच्या 'कालयंत्रा'ची (टाईम-मशीन) आठवण करून देते. अर्थात एका मर्यादित अर्थाने ; कारण आपण पुन्हा परत आपल्या जागी येऊ ते खूप नंतरच्या भविष्यकाळात! म्हणजे या गाडीतून आपल्याला भविष्यकाळात शिरता येईल ; भूतकाळात नव्हे. आईन्स्टाइन यांची आगगाडी आणि वेल्स यांचे कालयंत्र यात जो मोठा फरक आहे तो हा!

विज्ञानाची प्रगती कितीही होवो, आपल्याला कधी काळी भूतकाळात प्रवेश करता येईल अशी आशा करण्यात काहीच अर्थ नाही. समजा असे झाले तर? मग अगदी वेडगळपणाच्या गोष्टीही तत्त्वदृष्ट्या घडू शकतात असे मानावे लागेल. कल्पना करा आपण भूतकाळात गेलो आहेत आणि ज्याचे आईबाप अजून जन्मालाही आलेले नाहीत अशा माणसाशी आपली गाठ पडते. अगदीच वेडगळपणाची कल्पना आहे ही!

भविष्यकाळात प्रवास करणे या गोष्टीत विरोध काही नाही. जो दिसतो तो वरवरचा.

ताऱ्यापर्यंतचा प्रवास

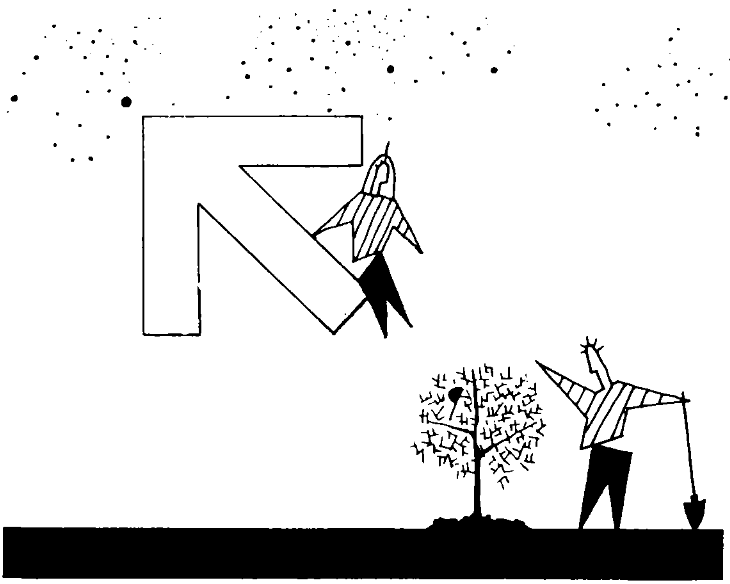
आकाशात असे काही तारे आहेत की प्रकाशाला जेथे पोहोचायला ४० वर्षे लागतात. प्रकाशवेगाहून जास्त वेगाने आपल्याला प्रवास करताच येत नाही, हे आपण पाहिलेच आहे. तेव्हा या ताऱ्यापर्यंत पोहोचायला कमीतकमी ४० वर्षे तर लागणारच, असा आपण निष्कर्ष काढू. परंतु हे खरे नाही. या प्रवासात कालही आकुंचित होणार आहे, ही गोष्ट आपण विसरलो.

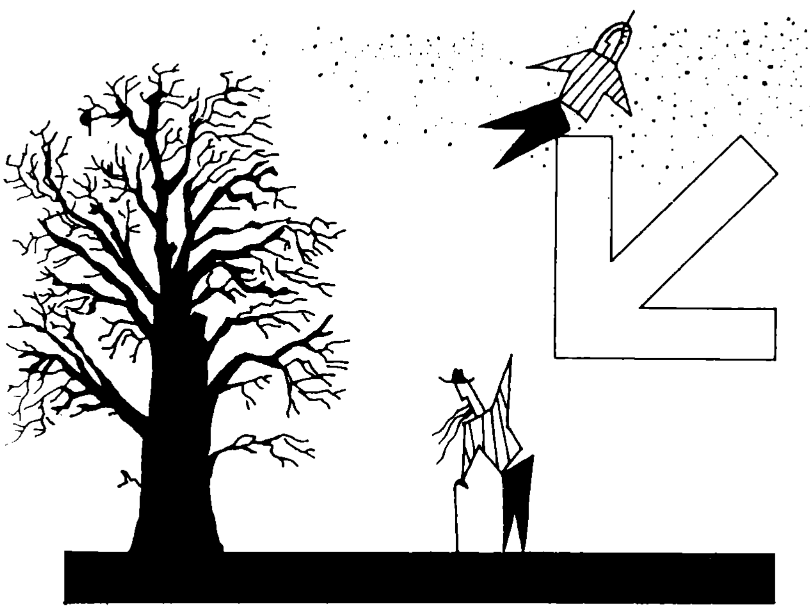
समजा आपण आईन्स्टाइन रॉकेटमध्ये बसून या ताऱ्याकडे निघालो; वेग सेकंदाला २ लक्ष ४० हजार कि. मी. आहे. आता पृथ्वीवरील लोकांच्या दृष्टीने आपल्याला या ताऱ्यावर पोहोचायला $\frac{\text{३ लक्ष} \times \text{४०}}{\text{२ लक्ष ४० हजार}} = \text{५०}$ वर्षे लागतील. परंतु आपण रॉकेटमध्ये बसलेलो आहोत. आपल्या दृष्टीने वेग कमी होऊन १० : ६ झाला आहे. म्हणजे आपल्याला या ताऱ्यावर पोहोचण्यासाठी $\frac{\text{६}}{\text{१०}} \times \text{५०} = \text{३०}$ वर्षे लागतील. ५० नव्हेत.

आपल्या रॉकेटचा वेग खूप वाढवून तो प्रकाशवेगाच्या खूप जवळ आणला तर ह्या वेळात आपल्याला खूपच कपात करता येईल. तात्त्विकदृष्ट्या बोलायचे तर भरपूर वेग देऊन आपण हा प्रवास एका मिनिटातही करू शकू. परंतु पृथ्वीवर तोपर्यंत ८० वर्षांचा काळ लोटलेला असेल.

म्हणजे असे वाटते की मानवी जीवन लांबविण्याचा एक मार्गच आपल्या हाती आला आहे – अर्थात दुसऱ्यांच्या दृष्टीने, कारण मनुष्य म्हातारा होत जातो तो 'स्वतःच्या.' काळाप्रमाणे. परंतु खोलात शिरल्यास हा निव्वळ भ्रम आहे, असेच आढळून येते.

एक तर असे की पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या शक्तीच्या प्रवेगाहूनही अधिक प्रवेग सहन करण्याइतकी मानवी देहाला सवय नाही. प्रकाशाच्या वेगाइतका वेग आणेपर्यंत खूपच वेळ जाईल. पृथ्वीच्या प्रवेगाइतक्या प्रवेगाने ६ महिने प्रवास केला तर तेवढ्या काळात फक्त ६ आठवड्यांची बचत होईल. अर्थात असेच पुढे चालू ठेवले तर बचतीचे प्रमाण वाढेलही. आणखी १२ महिन्यांच्या प्रवासकाळात १८ महिने आणखी पदरात पडतील; २ वर्षांच्या प्रवासकाळात २८ वर्षे पदरात पडतील; ३ वर्षांच्या प्रवासकाळात आणखी ३६० वर्षांची बचत होईल.





वा: ! मग तुम्ही म्हणाल ! बरं झालं की !

पण हे इतके सोपे नाही ; कार्यशक्तीच्या व्ययाच्या दृष्टीने विचार केल्यास आपल्या आनंदाला चांगलीच मुरड बसेल. रॉकेटचा वेग दर सेकंदाला २ लक्ष ६० हजार कि.मी. झाला तर आपला वेळ 'दुप्पट' होईल म्हणजे रॉकेटमधील १ वर्ष पृथ्वीवरील दोन वर्षांइतके भरेल. रॉकेटचे वजन ? टन आहे समजा. त्याला २ लक्ष ५० हजार अब्ज किलोवॅट-अवर कार्यशक्ती लागेल. एवढी कार्यशक्ती निर्माण करायला जगाला कित्येक महिने लागतात.

पण हा हिशेब प्रवासातला झाला. एवढा वेग देण्यासाठी किती शक्ती खर्च करावी लागेल त्याचाही हिशेब करावा लागेल. खेरीज आपले रॉकेट सुरक्षितपणे उतरविण्यासाठी त्याचा वेग कमी कमी करत जावा लागेल ; त्याला लागणारी शक्ती वेगळीच. किती लागेल ही शक्ती ?

वर दिलेल्या हिशेबाच्या २०० पट ! अगदी प्रकाशाचा वेग (जगातील सर्वश्रेष्ठ वेग) निर्माण करण्यास समर्थ इतके जळण आपल्याजवळ आहे, अशी कल्पना केली तरी ! म्हणजे आपल्याला इतकी शक्ती खर्च करावी लागेल की ती निर्माण करण्यासाठी डझनावारी वर्षे घालवावी लागतील. खरे पाहता जेटचा वेग प्रकाशवेगाच्या हजारोपटीने कमी असतो. याचा अर्थ आपल्याला या प्रवासासाठी जी शक्ती खर्च करावी लागेल ती फारच प्रचंड आहे.

लांबीचे आकुंचन

काळ ही काही निरपेक्ष कल्पना नाही, हे आपण पाहिलेच आहे. ती सापेक्ष आहे आणि त्यासाठी निरीक्षणाच्या चौकटीचा स्पष्ट निर्देश करायला हवा.

आता जरा अवकाशाकडे वळू या. मायकेल्सनच्या प्रयोगाची चर्चा करण्यापूर्वीही अवकाश सापेक्ष असतो हे आपल्याला आढळून आले आहे. अवकाश सापेक्ष आहे हे कळूनही आपण वस्तूंच्या लांबीरुंदीचे स्वरूप निरपेक्ष आहे असे मानले. म्हणजेच लांबी, रुंदी, उंची हे वस्तूचे गुणधर्म आहेत, निरीक्षण चौकटीशी त्यांचा काही संबंध नाही असे मानले. परंतु हीही कल्पना चूक आहे असे सापेक्षतेचा सिद्धांत आपल्याला सांगतो. काळ निरपेक्ष आहे असे आपण मानले, कारण आपला संबंध ज्या वेगांशी येतो ते प्रकाशवेगाच्या मानाने अगदीच मंद आहेत. या भ्रमाच्याही मागचे कारण तेच आहे.

कल्पना करा की आपण आईन्स्टाइन गाडीत बसून २४ लक्ष कि. मी. लांबीच्या प्लॅटफॉर्मवरून धडाडत चाललो आहोत. स्टेशनवरील घड्याळा-प्रमाणे गाडीला प्लॅटफॉर्म ओलांडायला २४ लक्ष ÷ २ लक्ष ४० हजार = १० सेकंद लागतील. परंतु गाडीतील प्रवाशाच्या दृष्टीने काळ ६ सेकंदाचा गेला. म्हणजे उतारू म्हणणार की प्लॅटफॉर्म २४ लक्ष ४० हजार कि. मी. लांब आहे. आणि त्याचे हे म्हणणे अगदी समर्थनीय आहे.

म्हणजे प्लॅटफॉर्मच्या सापेक्ष विरामावस्थेत असलेल्या चौकटीच्या दृष्टीने प्लॅटफॉर्मची लांबी जास्त आहे; प्लॅटफॉर्मच्या तुलनेत हलणाऱ्या चौकटीच्या दृष्टीने त्याची जी लांबी आहे तीहून जास्त आहे. म्हणजे सर्व चल पदार्थ गतीच्या दिशेने आकुंचन पावतात.

मात्र या आकुंचनाने गती निरपेक्ष असते असे सिद्ध होत नाही. पदार्थाची खरी लांबीरुंदी त्या पदार्थाच्या सापेक्ष विरामावस्थेतील चौकटीला जी दिसते ती. ज्याप्रमाणे उतारूंना प्लॅटफॉर्म लहान झाल्याचे आढळून येते त्याचप्रमाणे प्लॅटफॉर्मवरील मंडळींना आईन्स्टाइन गाडी लहान झाल्याचे आढळून येईल. (६ : १० या प्रमाणात)

हा दृष्टिभ्रमही नाही. पदार्थाची लांबी मोजण्याची जी जी साधने आपण वापरू ती सर्व हीच गोष्ट दाखवितील.

या शोधाबाबत आणखी एक गोष्ट सांगायला हवी. आपण पान ३५ वर आईन्स्टाइन गाडीतील दरवाजे उघडण्याला किती वेळ लागतो त्याचा हिशेब केला आहे. त्यात एक चूक आहे. ती दुरुस्त करायला हवी. प्लॅट-फॉर्मवरील निरीक्षकाच्या दृष्टीने दरवाजे उघडायला किती वेळ लागेल हा हिशेब करताना चालल्या गाडीची लांबी आणि स्थिर गाडीची लांबी एकच असते असे आपण मानले. पण प्लॅटफॉर्मवरील मंडळींच्या दृष्टीने चालत्या गाडीची लांबी कमी आहे. म्हणून दोन दरवाजे उघडण्याच्या मधला काळ स्टेशनावरील घड्याळाच्या दृष्टीने $\frac{६}{१०} \times ४० = २४$ सेकंद होईल; ४० नव्हे.

अर्थात आपण जे निष्कर्ष पूर्वी काढले त्याच्यासाठी ही दुरुस्ती करण्याची काहीच गरज नाही.

स्टेशनवरील निरीक्षकाला आईन्स्टाइन गाडी कशी दिसेल? आणि गाडीतील उतारूला स्टेशनचा प्लॅटफॉर्म कसा दिसेल?

गाडीतील उतारूला आगगाडीपेक्षा प्लॅटफॉर्म लहान दिसेल आणि प्लॅटफॉर्मवरील माणसाला आगगाडी प्लॅटफॉर्मपेक्षा लहान दिसेल.

यातले खरे काय? वास्तवाला जुळणारे कोणते?

ह्या प्रश्नाला काहीच अर्थ नाही. पान ९ वर गुराखी व गाय यांच्याबाबत जो प्रश्न आपण केला त्यातलाच हा प्रकार झाला.

या दोन्ही घटना म्हणजे एकाच वस्तुस्थितीचे दोन वेगवेगळ्या ठिकाणाहून घेतलेले 'फोटो' आहेत.

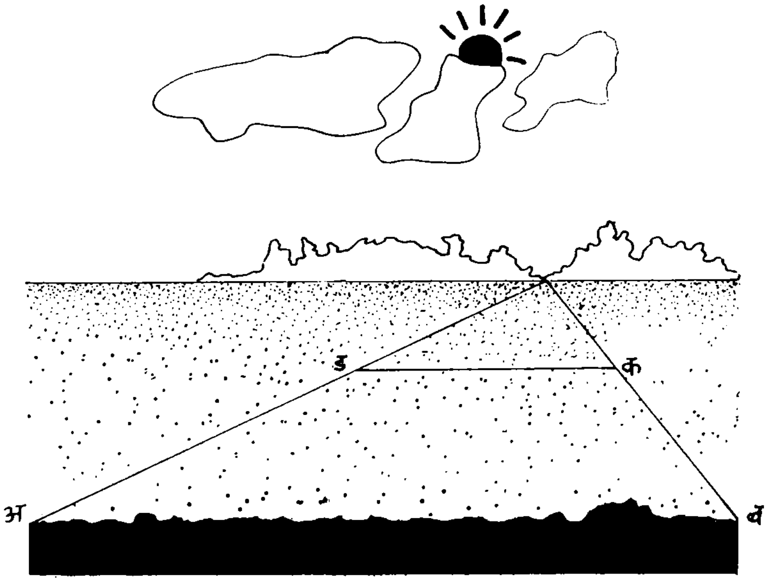
तऱ्हेवाईक वेग

समजा एक गाडी ताशी ५० कि.मी. वेगाने चालली आहे आणि जिच्यातला एक उतारू ताशी ५ कि.मी. वेगाने इंजिनकडे चालला आहे. तर रेल्वे रस्त्याच्या सापेक्ष त्याचा वेग किती झाला? अर्थात ताशी ५०+ +५ = ५५ कि.मी. हे उत्तर आपण कसे काढले? वेगांची बेरीज करून आणि त्यात काहीही चूक नाही, याविषयी आपल्या मनात संशय नाही; कारण एक तासात गाडी ५० कि.मी. आणि उतारू ५ कि.मी. चालणार. म्हणजे एकंदर ५५ कि.मी. झाले.

वेगाला कमाल मर्यादा आहे; तेव्हा वेगांच्या बेरजेचा हा नियम सरसकट सर्वच लहान मोठ्या वेगांना लावता येणार नाही हे उघड आहे. समजा हा प्रवासी आईन्स्टाइन गाडीत चालला आहे. त्याचा स्वतःचा वेग सेकंदाला १ लाख कि.मी. आहे. म्हणजे रेल्वेरस्त्याच्या सापेक्ष त्याचा वेग २,४०,००० + १,००,०००= दर सेकंदाला ३ लक्ष ४० हजार कि.मी. व्हायला हवा. पण असा वेगच नाही; प्रकाशवेगाहून जास्त असा वेगच जगात नाही.

म्हणजे वेगांच्या बेरजेचा जो नियम आपण हरघडी व्यवहारात वापरतो तो अगदी बिनचूक नाही. प्रकाशवेगाहून खूपच मंद अशाच वेगांना तो लागू आहे.

वाचकांनी सापेक्षतेच्या सिद्धांतातून निर्माण होणाऱ्या अनेक विरोधाभासांचे प्रकार पाहिले. तेव्हा वेगांच्या बेरजेच्या मागे वरवर पाहता सरळसोट वाटणारे जे तर्कशास्त्र आपण वापरले ते अपुरे आहे, हे सहज त्यांच्या लक्षात येईल. आपण काय केले? गाडीने एका तासात केलेला प्रवास आणि गाडीत उतारूने स्वतः केलेला प्रवास यांची आपण बेरीज केली. पण सापेक्षतेचा



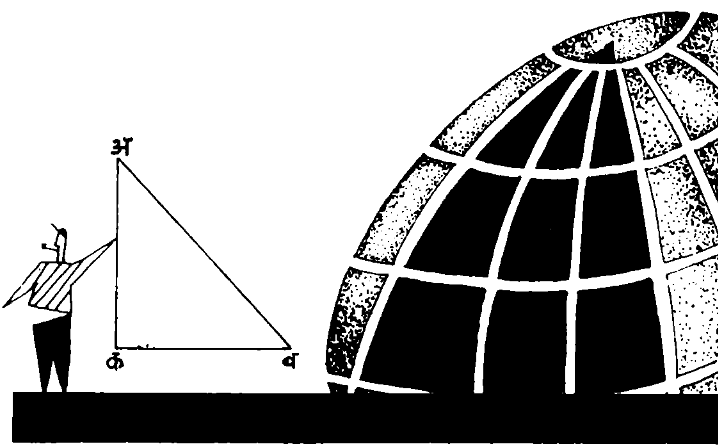
सिद्धांत सांगतो की अशी बेरीज करता येत नाही. सोबतच्या आकृतीत समजा आपल्याला अबकडचे क्षेत्रफळ शोधून काढायचे आहे. अबला बकने गुणून चालेल काय? चालणार नाही. कारण चित्रात अक हे अंतर विकृत स्वरूपात दाखवले गेले आहे. हा दृष्टिकोनाचा परिणाम आहे. आणखीही एक गोष्ट आहे. स्टेशनच्या दृष्टीने उतारूचा वेग किती याचे उत्तर काढण्यासाठी आपल्याला गाडीने एक तासात किती अंतर तोडले ते मोजण्यासाठी स्टेशनवरील घड्याळाचा उपयोग करावा लागेल आणि त्याचा गाडीतील वेग मोजताना गाडीतील घड्याळाचा उपयोग करावा लागेल. ह्या दोन्ही गोष्टी एकच नव्हेत.

यातून निष्कर्ष काय? निष्कर्ष असा की दोन वेगांची बेरीज करताना त्यापैकी निदान एक वेग जर प्रकाशवेगाच्या जवळ असेल तर त्यांची बेरीज नेहमीच्या पद्धतीने करता येत नाही; त्यासाठी वेगळी पद्धत वापरणे भाग आहे. ही विरोधाभासात्मक बेरीज कशी होते याचे प्रयोगाने निरीक्षण करता येते. उदाहरणार्थ वाहत्या पाण्यात प्रकाशाचे वहन कसे होते हे पाहता येते. (याची चर्चा आपण पूर्वी केलीच आहे.) वाहत्या पाण्यात प्रकाशाच्या

वहनाचा वेग हा स्थिरपाण्यातील प्रकाशाचा वेग आणि वाहत्या पाण्याचा वेग यांच्या बेरजेइतका नसतो; त्याहून कमी असतो. याचे श्रेय सापेक्षतेच्या सिद्धांतालाच द्यायला हवे.

समजा दोन वेगांपैकी एक वेग दर सेकंदाला ३ लक्ष कि.मी. आहे. त्यांची बेरीज करण्याची पद्धत मोठी चमत्कारिक आहे. कारण हा वेग कधीच बदलत नाही; मग चौकटी कोणत्याही असोत. दुसऱ्या शब्दात सांगायचे झाले तर दर सेकंदाला ३ लक्ष कि.मी. हा वेग आणि दुसरा कोणताही वेग यांची बेरीज दर सेकंदाला ३ लक्ष कि.मी. हीच होईल.

वेगांच्या बेरजेचा हा नेहमीचा नियम सर्व ठिकाणी लागू पडत नाही, हे दुसऱ्या एका उदाहरणावरून समजणे सोपे होईल.



वरील आकृती पहा. सपाट त्रिकोणातील तिन्ही कोनांची बेरीज २ काटकोन असते. समजा हा त्रिकोण आपण पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर काढला (वरची आकृती पहा). पृथ्वी गोल आहे आणि त्यामुळे आता या कोनांची बेरीज २ काटकोनांहून जास्त भरते. हा फरक मोठे त्रिकोण – पृथ्वीच्या आकाराशी तुलना करता येईल असे त्रिकोण घेतले की मगच डोळयांना समजून येतो.

क्षुल्लक वेगांचा हिशेब करताना वेगांच्या बेरजेचा नेहमीचा नियम आपण वापरू शकतो. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील लहान लहान क्षेत्रांची क्षेत्रफळे मोजताना सपाट भूमितीचे नियम लागू पडतात, त्याचप्रमाणे हेही!

प्रकरण ६

वस्तुमान

वस्तुमान

समजा विरामावस्थेतील एका पदार्थाला एक विशिष्ट वेग येईपर्यंत गती द्यावयाची आहे. तसे करण्यासाठी आपल्याला त्याला काही एक प्रेरणा द्यावी लागेल. घर्षणासारखी अडथळा करणारी एखादी बाह्य प्रेरणा नसेल तर वस्तू हलू लागेल आणि तिचा वेग आपल्याला हव्या त्या विशिष्ट मर्यादे-पर्यंत वाढवत नेता येईल; त्यासाठी ती प्रेरणा विशिष्ट काळापर्यंत द्यावी लागेल. एका विशिष्ट प्रेरणेच्या जोरावर वेग वाढवीत वाढवीत वेगवेगळ्या पदार्थात एक विशिष्ट वेग निर्माण करायचा तर त्याला लागणारे वेळ वेग-वेगळे असतील.

घर्षणाची प्रेरणा नको, म्हणून अशी कल्पना करू या की एकाच आ-कारमानाचे दोन गोल, एक शिशाचा आणि दुसरा लाकडाचा असे दोन गोल अवकाशात आहेत. आता दोघांनाही एकच प्रेरणा लावू या. कोठपर्यंत? दर ताशी १० कि.मी. वेग निर्माण होईपर्यंत.

लाकडाच्या गोलाला ही प्रेरणा जितका वेळ लावावी लागेल त्याहून अर्थातच अधिक काळ शिशाच्या गोलाला द्यावी लागेल, हे उघड आहे. आपण म्हणतो, "शिशाच्या गोलाचे वस्तुमान लाकडाच्या गोलाच्या वस्तु-मानाहून जास्त आहे". न बदलणाऱ्या प्रेरणेपायी वेग काळाच्या प्रमाणात वाढत जातो. म्हणजे वस्तुमान हा एक संबंध आहे; विरामावस्थेत असलेल्या वस्तूचा वेग वाढवीत तिला एक विशिष्ट वेग देण्यासाठी जो काळ लागतो तो संबंध आहे. वस्तुमान या संबंधाच्या प्रमाणात असते; त्याचा सहगुणक प्रवेग देणाऱ्या प्रेरणेवर अवलंबून असतो.

वस्तुमान हा वस्तूचा सर्वात श्रेष्ठ गुण आहे. पदार्थांचे वस्तुमान कायम असते या गोष्टीला आपण सरावलेले आहोत. वस्तुमान वेगावर अवलंबून नसते. न बदलणारी प्रेरणा सतत चालू असेल तर ती जितक्या काळपर्यंत चालू असेल त्या काळाच्या प्रमाणात वेगही वाढत जातो हा जो आपला सुरुवातीचा दावा आहे, त्यातूनच ही गोष्ट उघड होते.

हा दावा वेगांच्या बेरजेच्या साध्या नियमावर आधारलेला आहे. पण आपण आताच पाहिले की हा नियम सरसकट सर्वत्र लागू पडत नाही.

आपण एक प्रेरणा समजा दोन सेकंदपर्यंत लावली. शेवटी किती वेग आला हे आपल्याला शोधून काढायचे आहे. मग काय करायचे? दुसऱ्या सेकंदात त्या पदार्थाला जो वेग प्राप्त झाला त्यात आपण पहिल्या सेकंदाच्या शेवटी प्राप्त झालेला वेग मिळवतो; बेरजेचा हा साधा नियम आपण पाळतो.

हे असे आपल्याला कुठपर्यंत करता येईल? प्रकाशवेगाच्या जवळ येईपर्यंत. त्यानंतर हा नियम पुरा पडत नाही. सापेक्षतेचा सिद्धांत लक्षात घेऊन वेगांची बेरीज करीत चाललो तर जे उत्तर येईल ते जुन्या बेरजेच्या नियमाने येणाऱ्या उत्तरापेक्षा कमी असणार; आणि हा जुना नियम तर आता मुळीच चालत नाही. याचा अर्थ असा की प्रचंड वेगात होणारी वाढ प्रेरणेच्या प्रमाणात होणार नाही; किंचित कमी होईल. हे नैसर्गिकच आहे; कारण जगात कमाल वेग म्हणून काही चीज आहे.

एकच प्रेरणा घेऊन चाललो तर वेग जसजसा प्रकाशवेगाच्या जवळ येईल तसतसे वस्तूच्या वेगातील वाढीचे प्रमाण कमी कमी होऊ लागेल; कारण कुठल्याही परिस्थितीत कमाल वेगाच्या पलीकडे जाताच येणार नाही.

पदार्थाच्या वस्तुमानाचा त्याच्या वेगाशी काही संबंध नाही, ते स्वतंत्र आहे असे आपल्याला कोठपर्यंत म्हणता येईल? जोपर्यंत वेग दिलेल्या प्रेरणेच्या काळाच्या प्रमाणात वाढत आहे तोपर्यंतच. परंतु एकदा का हा वेग प्रकाशवेगाच्या जवळ येऊ लागला की मग काळ आणि वेग यांचे समप्रमाण नष्ट होते आणि आता वस्तुमान वेगावर अवलंबून राहू लागते. वेग वाढविण्याचा काळ अनंत काळापर्यंत वाढविता येतो; पण वेग मात्र कमाल मर्यादेपलीकडे जाऊ शकत नाही; म्हणून आता वस्तुमान वेगाबरोबर वाढू लागते,

असे दिसून येते आणि पदार्थाचा वेग प्रकाशाच्या वेगाइतका झाला की त्याने वस्तुमानही अनंत होते.

हिशेबांती असे दिसून येते की गतिमान पदार्थाची लांबी जितकी कमी होते तितकेच त्याचे वस्तुमान वाढते. दर सेकंदाला २ लक्ष ४० हजार कि. मी. वेगाने जाणाऱ्या आईन्स्टाइन गाडीचे वस्तुमान, तिच्या विरामावस्थेतील वस्तुमानापेक्षा $\frac{१०}{६}$ पटीने वाढते.

प्रकाशाच्या वेगाच्या मानाने आपल्या नेहमीच्या आढळातले वेग फारच क्षुल्लक असतात; तेव्हा वस्तुमानात घडून येणाऱ्या फरकाकडे लक्ष देण्याची काही गरज नसते. वस्तूची लांबीरुंदी आणि तिचा वेग यांच्यातील संबंधाकडे आपण दुर्लक्ष करतो, किंवा दोन घटनातील कालांतर आणि त्या पाहणाऱ्या प्रवासी निरीक्षकांचे वेग यांच्यातील संबंधांकडे आपण दुर्लक्ष करतो, त्यातलाच हाही प्रकार आहे.

सापेक्षतेच्या सिद्धांतातूनच वस्तुमान आणि वेग यांच्यातील संबंधाविषयी जो निष्कर्ष निघतो त्याचा पडताळा इलेक्ट्रॉन्सच्या गतीच्या निरीक्षणाचा प्रयोग करून पाहता येतो.

आज प्रयोगाची जी साधने आपल्या हाती आली आहेत, त्यात प्रकाशाच्या वेगाच्या जवळच्या वेगाने हलणारे इलेक्ट्रॉन्स आढळणे ही एक नित्याची बाब होऊन बसली आहे. ॲक्सिलरेटर्स (प्रवेगक) म्हणून खास यंत्रणा आहे; तिच्यात इलेक्ट्रॉन्सना जबर गती – प्रकाशवेगाहून फक्त सेकंदाला ३० कि. मी. कमी इतकी गती – देता येते.

स्थिर इलेक्ट्रॉनचे वस्तुमान आणि प्रचंड वेगाने जाणाऱ्या इलेक्ट्रॉनचे वस्तुमान यांची तुलना करण्याचे सामर्थ्य आधुनिक पदार्थ – विज्ञानशास्त्राला प्राप्त झाले आहे. वस्तुमान आणि वेग यांचा एकमेकाशी संबंध आहे, हा जो निष्कर्ष आपण सापेक्षतेच्या सिद्धांतातून काढला तो पूर्णपणे खरा आहे हे प्रयोगांनी सिद्ध करून दिले आहे.

एक ग्रॅम प्रकाशाची किंमत किती?

पदार्थाच्या वस्तुमानातील वाढीचा त्यावर घडलेल्या कार्याशी (work) फार निकटचा संबंध आहे. वस्तुमानातील वाढ पदार्थाला गती देण्यासाठी

जी प्रेरणा द्यावी लागते त्या प्रेरणेच्या प्रमाणात असते. पदार्थाला निव्वळ गती देण्यासाठी कार्य खर्च करावे लागत नाही. पदार्थाला दिलेली प्रेरणा, पदार्थाच्या कार्यशक्तीत झालेली वाढ, वस्तुमान वाढवितात. म्हणूनच पदार्थ गरम केल्यास त्याचे वस्तुमान वाढते; स्प्रिंग आवळली तर तिचे वस्तुमान वाढते. हे खरे की वस्तुमानात घडून येणारा बदल आणि कार्यशक्तीतील बदल यांच्यातील प्रमाणाचा सहगुणक अगदीच क्षुल्लक असतो. पदार्थाच्या वस्तुमानात एक ग्रॅमची भर घालायची असेल तर त्याला अडीच कोटी कि-लोवॅट अवर इतकी कार्यशक्ती द्यावी लागेल.

म्हणूनच नेहमीच्या परिस्थितीत पदार्थाच्या वजनात घडून येणारे बदल अगदीच क्षुल्लक असतात आणि ते अत्यंत सूक्ष्म मापनांनाही दाद देत नाहीत. उदाहरणार्थ एक टन पानी ०° सें. पासून १००° सें. पर्यंत म्हणजे त्याच्या उत्कलन बिंदूपर्यंत तापविले तर त्याच्या वस्तुमानात होणारी वाढ पाच-दशलक्षांश ग्रॅम इतकी होईल.

आपण एका बंद भट्टीत १ टन कोळसा जाळला तर त्या ज्वलनातून जे पदार्थ निर्माण होतील त्यांचे वस्तुमान मूळ कोळसा आणि ऑक्सिजन यांच्या वस्तुमानाहून $\frac{१}{३\,०००}$ ग्रॅमने कमी भरेल. हे कमी झालेले वस्तुमान ज्वलनाच्या क्रियेत जी उष्णता निर्माण झाली तिने नेले.

पण आधुनिक पदार्थविज्ञानात दुसऱ्याही घटना आढळून येतात. ज्या घटनात वस्तुमानातील बदल मोठा असतो, महत्त्वाची कामगिरी बजावतो अशाही घटना आढळतात.

अणुकेंद्रे एकमेकांवर आपटून त्यांच्यातून नवी केंद्रे जन्माला येतात त्या घटना घ्या. उदाहरणार्थ लिथियमचा अणु हैड्रोजनच्या अणुशी टक्कर घेतो आणि त्यातून हेलियमचे दोन अणु निर्माण होतात, त्यावेळी वस्तुमानात मूळाच्या $\frac{१}{४००}$ इतका फरक घडून येतो.

पदार्थाच्या वस्तुमानात एक ग्रॅमची भर टाकण्यासाठी अडीच कोटी किलोवॅट-अवर इतकी कार्यशक्ती द्यावी लागते हे पूर्वी आम्ही सांगितलेच आहे. म्हणजेच एक ग्रॅम लिथियम् आणि हैड्रोजनचे हेलियममध्ये रूपांतर करायला ४०० पटीने कमी कार्यशक्ती खर्च करावी लागते.

$$\frac{२.५ \text{ कोटी}}{४००} = ६० ००० \text{ कि. वॅ. अ.!}$$

आता पुढील प्रश्नाचे उत्तर देण्याचा प्रयत्न करू या! निसर्गात (वजनाच्या दृष्टीने) सर्वात महाग पदार्थ कोणता?

रेडिअम फार महाग समजला जातो. अलीकडच्या काळापर्यंत एक ग्रॅम रेडियमची किंमत १५ लक्ष रुपये होई.

प्रकाशाची किंमत किती होते ते पाहू या.

विजेच्या दिव्यात जी कार्यशक्ती खर्ची पडते तिचा फक्त $\frac{१}{२०}$ भागच प्रकाशरूपात मिळतो. म्हणजे एक ग्रॅम प्रकाश २.५ कोटी × २० = ५० कोटी कि.वॅ.अ. कार्याइतका आहे. एक कि.वॅ.अ. ला जो खर्च येतो त्या हिशेबाने हिशेब केल्यास १ ग्रॅम प्रकाश १ ग्रॅम रेडियमच्या २० पटीने महाग आहे असे दिसून येईल.

सारांश

अत्यंत काटेकोरपणाने केलेले आणि मनाची संपूर्ण खात्री पटविणारे प्रयोग पाहिले की मग सापेक्षतेचा सिद्धांत खरा आहे हे आपल्याला मान्य करावेच लागते. या सिद्धांताने आपल्या सभोवतालच्या जगातील किती तरी आश्चर्यकारक गुपिते उघड करून दाखविली आहेत.

कित्येक शतकांच्या आपल्या दैनंदिन अनुभवाच्या आधारावर मनुष्याने काही मूलभूत कल्पना बनविल्या होत्या; त्यात सापेक्षतेच्या सिद्धांताने अनेक दूरगामी आणि मूलगामी बदल घडवून आणले. ते कोणते ते आपण पाहिले.

पदार्थविज्ञानशास्त्राचा विकास सापेक्षतेच्या सिद्धांताचा उदय होण्यापूर्वी दीर्घकालपर्यंत झालेला आहे. जुनी निरुपयोगी बनलेली चप्पल ज्याप्रमाणे आपण कचरापेटीत फेकून देतो त्याप्रमाणे या जुन्या शास्त्राचीही वासलात लावली पाहिजे, असा याचा अर्थ करायचा काय?

जर याचा असा अर्थ आपण लावला तर मग शास्त्रीय संशोधनकार्यात गुंतून पडण्यातही काही राम राहत नाही. कारण केव्हा तरी आणखी एखादा नवा सिद्धांत उदयास येईल आणि जुन्याला मोडीत काढील.

सापेक्षतेच्या सिद्धांतानुसार चालत्या गाडीतील घड्याळ स्टेशनावरील घड्याळाच्या नेहमीच मागे पडते. समजा ही गोष्ट लक्षात ठेवून एखादा उतारू नेहमीच्या गाडीत बसताना आपले घड्याळ स्टेशनच्या घड्याळाबरोबर लावू लागला तर काय होईल? सगळे लोक खो खो हसून त्याची टर उडवितील. नेहमीच्या गाडीत या कारणापायी घडून येणारा फरक अगदीच क्षुल्लक असतो; सेकंदाचा कोटयांश भाग असतो. अत्यंत बिनचूकपणे चालणाऱ्या घड्याळावर झटकन धक्का बसल्याने जो परिणाम होईल तो सुद्धा या परिणामाच्या कितीतरी पटीने मोठा ठरेल.

पाणी तापविल्यावर त्याचे वस्तुमान पूर्ववत कसे टिकणार म्हणून एखाद्या केमिकल इंजिनिअरच्या डोक्यात शंका आली, तर आपण त्याला वेड्यातच काढू. उलट एखादा शास्त्रज्ञ, जर एकमेकांवर आपटणाऱ्या अणुकें-द्रांचा विचार त्याच्या अणुभारातील बदल लक्षात न घेताच करू लागला तर त्याला त्याच्या अडाणीपणाबद्दल प्रयोगशाळेचा बाहेरचा दरवाजाच दाखवावा.

नवी नवी इंजिने यंत्रज्ञ शोधून काढतात – आणि पुढेही काढत राहतील. त्यासाठी ते पदार्थविज्ञानशास्त्रातील जुन्या नियमांचाच आधार घेतात; आणि ते बरोबरच आहे. समजा त्यांनी सापेक्षतेच्या सिद्धांताचा आधार घेऊन त्यात सुधारणा करायचे ठरविले तर काय होईल? इंजिनच्या जड फ्लायव्हीलवर एखादा जीवाणु बसल्याने त्यात जो फरक पडतो, तितका सुद्धा फरक या सुधारणांनी नव्या इंजिनात दिसून येणार नाही. प्रचंड वेगाने मार्गक्रमण करणाऱ्या इलेक्ट्रॉन्सशी प्रयोग करणाऱ्या शास्त्रज्ञाला त्यांच्या वेगांबरोबरच त्यांच्या वस्तुमानातही फरक पडणार आहे, हे लक्षात घ्यावे लागते.

सापेक्षतेचा सिद्धांत जुन्या कल्पनांचे खंडन करत नाही; उलट त्यांची व्याप्ती वाढवितो; चुका न करता जुन्या कल्पना कोणत्या मर्यादेत लावता येतील ते सांगतो. सापेक्षतेच्या सिद्धांताचा उदय होण्यापूर्वी शास्त्रज्ञांनी शोधून काढलेले निसर्गनियम आता रद्द झाले असा याचा अर्थ मुळीच होत नाही. होते ते इतकेच की त्यांच्या उपयोगांवर आता स्पष्ट मर्यादा येऊन पडतात.

सापेक्षतेच्या सिद्धांतावर आधारलेले (नवे) विज्ञान आणि जुने पंडिती विज्ञान यांचा संबंध कोणता? पृथ्वी गोल आहे हे ध्यानात घेणारे नवे भूगोलशास्त्र आणि तिकडे दुर्लक्ष करणारे जुने भूगोलशास्त्र यात जो फरक आहे तोच येथेही आहे. 'ऊर्ध्वगामी दिशा सापेक्ष आहे', या तत्त्वावर उच्च भूगोलशास्त्र खडे आहे. पदार्थाची लांबीरुंदी आणि दोन विशिष्ट घटनातील कालांतर या दोन गोष्टींच्या सापेक्षतेचा आधार घेऊन नवे सापे-क्षतावादी शास्त्रज्ञ उभे आहेत; उलट जुन्या शास्त्रज्ञांना सापेक्षतेच्या तत्त्वाचा गंधही नव्हता.

आधुनिक भूगोलशास्त्राचा विकास जुन्या भूगोलशास्त्रातूनच झाला आहे; त्याचप्रमाणे सापेक्षतावादी विज्ञान जुन्या विज्ञानातून प्रगट होत आले आहे, त्याचा ते विकास करीत आहे; त्याची व्याप्ती वाढवीत आहे.

पृथ्वीची त्रिज्या अनंत लांबीची आहे असे मानले की मग गोल भूमितीची सूत्रे (स्फेरिकल जॉमेट्री) सोडून देऊन सपाट भूमितीची सूत्रे (प्लेन जॉमेट्री) लावता येतात. म्हणजे आता पृथ्वी हा गोल (स्फीअर) राहत नाही, ती एक अनंत सपाट पातळी बनते. ऊर्ध्वगामी दिशा निरपेक्ष बनते. आणि त्रिकोणाच्या कोनांची बेरीज बरोबर दोन काटकोन होते.

हीच गोष्ट आजच्या सापेक्षतावादी विज्ञानातही करता येईल. प्रकाशाचा वेग अनंत आहे म्हणजेच प्रकाशाचे मार्गक्रमण तत्क्षणीच होते असे मानले म्हणजे झाले.

इतकेच नव्हे; प्रकाशाचे मार्गक्रमण तत्क्षणीच होत असते (त्याला यत्किंचितही वेळ लागत नसत) तर एकसमयावच्छेदाची कल्पना निरपेक्ष बनली असती, हे आपण पूर्वी पाहिलेच आहे. मग दोन घटनातील कालांतर आणि वस्तूची लांबीरुंदी या गोष्टीही निरपेक्ष बनल्या असत्या; निरीक्षणस्थान (चौकट किंवा प्रयोगशाळा) कोठेही असले तरी त्याचा या गोष्टींवर काहीच परिणाम झाला नसता.

म्हणजेच प्रकाशाचा वेग अनंत आहे असे मानले की मग जुन्या कल्पना आपण पूर्ववत चालवून घेऊ शकतो.

परंतु प्रकाशाच्या वेगाला कमाल मर्यादा आहे, ह्या गोष्टीची जर आपण अवकाश व काळ याविषयींच्या जुन्या कल्पनांशी सांगड घालण्याचा प्रयत्न केला तर आपण एका अगदीच वेडगळपणाच्या भूमिकेवर येऊन ठेपू. पृथ्वी गोल आहे हे ज्याला ठाऊक आहे असा एखादा इसम जर अट्टाहासाने सांगू लागला की, "छे हो! माझ्या गावात जी ऊर्ध्व दिशा आहे तीच निरपेक्ष ऊर्ध्व दिशा आहे" आणि जर तो आपण घसरून 'खाली' पडू म्हणून गावाच्या बाहेर पाऊल टाकायला तयार नसेल तर त्याची जी गत होईल तीच आपलीही होईल.

लेव लंदाऊ यांच्या विषयी दोन शब्द

लेव लंदाऊ यांच्या आठवणी

या छोटयाशा लेखामध्ये मला लेव लंदाऊ यांच्या सर्व शास्त्रीय कार्याचा आढावा घ्यायची इच्छा नाही. आधुनिक सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राला स्पर्श करणारी व्यक्ती ही त्या विषयातील तज्ञच असायला हवी. या शास्त्राला लोकप्रियता प्राप्त करुन द्यावयाची कला काही सर्वानाच अवगत नाही. लंदाऊ यांच्या समावेत मी सदरचे पुस्तक लिहिले असले तरीही मी असे ठामपणे सांगू शकत नाही की मला ही कला अवगत आहे.

या छोटयाशा पुस्तिकेसंबंधीचा खुद्द लंदाऊ यांचाच अभिप्राय किती विनोदी होता पहा: "दोन लबाड फसवे तिसऱ्या फसव्याला पटवून देत आहेत की दहा कोपेक मध्ये ते त्याला 'सापेक्षतावाद म्हणजे काय' हे समजावून सांगू शकतात."

भौतिकशास्त्राची पार्श्वभूमी नसलेल्याला लंदाऊ यांच्या वैज्ञानिक कार्याची माहिती थोडक्यात, दोन शब्दात देण्याचा प्रयत्न हा खोटा प्रयत्न आहे व अगदी सुरुवातीपासूनच असा प्रयत्न हाणून पाडण्यात आला पाहिजे. लंदाऊ हे एक जागातिक किर्तीचे भौतिकशास्त्रज्ञ व सोविएत भौतिकशास्त्रीय संशोधन-क्षेत्राचे एक संस्थापक होते.

लेनिनग्राद विश्वविद्यापीठाच्या ग्रंथालयात एक अठरा वर्षाचा तरणाबांड युवक उभा आहे. "Annalen der Phisik" या वैज्ञानिक मासिकाचा शेवटचा अंक नुकताच त्याच्या हाती पडला आहे. त्यामध्ये त्याला डिनमेर यांचा पुंज-यामिकीवरील पहिला लेख आढळून आला. या युवकाला या गोष्टीची काडीमात्र कल्पना नव्हती की हाच क्षण त्याच्या जीवनातील अत्यंत महत्वाचा व निर्णायक क्षण ठरणार आहे; त्याच्या संपूर्ण भविष्यकाळाची उभारणी हाच क्षण करणार आहे. अर्थात, या लेखामध्ये त्याने जे काही

वाचले ते सर्व काही त्याला कळले नाही (तशी त्याने कबुली दिली होती).

तथापि, त्याने हा लेख अत्यंत लक्षपुर्वक व तन्मयतेने वाचला. सापेक्ष-तावादाच्या सिद्धांताशी पहिल्या ओळखी प्रमाणेच या लेखाने त्याच्या मनावर प्रचंड छाप पाडली.

पहिल्या लेखा पाठोपाठच डिनगेरचा दुसरा लेख प्रसिद्ध झाला. लौकरच या युवकाला आढळून आले की तरंग-यामिकी व्यतिरिक्त गेटीन्गेनमध्ये डिनगेर धारणिक–याभिकीचा अभ्यास करत असून त्यांच्या शास्त्रीय विचारांना मुलतः विरोधी स्वरूपात असलेला हा विचारप्रवाह होता.

तरंग आणि धारणिक–या दोन्ही याभिकींच्या सममूल्यते-संबंधीचा लेख जेव्हा या युवकाच्या हाती पडला तेव्हा कुठे त्याच्या मनातील गोंधळ काहीसा शमला. युवकाला कळले की त्याला त्याच्या जीवनाचा मार्ग गवसला आहे.

सर्वसाधारणपणे भावी शास्त्रज्ञाला आपल्या शास्त्राविषयीची माहिती दुसऱ्या, अधिक अनुभवी व वयस्कर शास्त्रज्ञाकडून–आपल्या शिक्षकाकडून–प्राप्त होते. लंदाऊ मात्र कोणाही जवळ पुंज-यमिकीचा अभ्यास करु शकत नव्हते. याचे कारण असे नव्हते की त्यावेळी असा एखाद्या शिक्षक नव्हता तर मुख्य म्हणजे पुंज-यामिकीच त्या वेळी अस्तित्वात नव्हती. त्यानीच तिचा विकास घडवून आणावयाचा होता. पारंपारिक विचारांच्या प्रति असलेली प्रतिकूल भावनाच त्याना या कामी साह्यभूत ठरणार होती. लंदाऊ म्हणत असत: "जुन्या, जाडजूड ग्रंथांमधून नवे असे कांहीच शिकता येत नाही. जाडजूड ग्रंथ म्हणजे स्मशानभूमी. तेथे भूतकाळाला गाडले गेलेले असते."

आपल्या शैक्षणिककाळामध्ये लंदाऊनी नवी पद्धत शोधून काढली जी संपुर्ण जीवनभर त्यानी जपून ठेवली. प्रचंड संख्येत त्यांनी वैज्ञानिक मासिकांचे वाचन केले. परंतु प्रत्येक लेखामध्ये त्यांनी केवळ समस्या, प्रश्न समजून घेतला व त्या प्रश्नाची सोडवणूक पाहण्यासाठी लेखाचा शेवट वाचला. लेखातील प्रश्न व अंतिम उत्तर या दरम्यानचा मजकूर ते आपल्या वाचना-तून गाळत असत. त्यांचे म्हणणे असे: "मला फक्त हे जाणून घ्यावयाचे असते की लेखक काय करतो; कसे करावयाचे ते मला स्वतःला उत्कृष्ठपणे ठाऊक आहे."

सोविएत संघातील खारकोव मध्ये साधारणपणे १९३६ च्या सुमारास लंदाऊ यांच्या विचारप्रवाहाचा उदय झाला, तिचा विकास होऊ लागला.

लंदाऊंचे प्रारंभीचे शिष्य; विद्यार्थी हे त्यांच्याच वयाचे किंवा त्यांच्यापेक्षा थोड्याशाच कमी वयाचे होते. हेच या वैज्ञानिक विचारप्रवाहाचे खास वैशिष्टय होते. ज्या वेळी त्यांची बैठक अथवा चर्चा, वादविवाद असे तेव्हा त्यांचे स्वरूप एखाद्या हूशार विद्यार्थ्यांच्या चर्चेसारखे असे. जागतिक किर्तीच्या शास्त्रज्ञाच्या उपस्थितीमध्ये चालू असलेली वैज्ञानिक परिषद असे चित्र मात्र कधीच दिसत नसे.

अनेकदा लंदाऊंचे शिष्य त्यांच्याशी वाद घालत असत. कधी कधी ते आपल्या एखाद्या प्रतिवाद्याचे विचार मोठ्या सहनशक्तीने फेटाळून लावत असत तर कधीकधी ते त्याला विचारत असत: "कोण कोणाला शिकवत आहे? : तु मला, की मी तुला? तुझ्या विचारांमध्ये चूका शोधून काढायचे काम माझे नाही. उलट तुच मला माझ्या चूका दाखवून दे."

भौतिकशास्त्रज्ञांच्या या विचारप्रवाहाचा खात्रीदायक विकास होत होता. त्याला हळूहळू बळकटी प्राप्त होत होती. भिन्न क्षमतेच्या आणि भिन्न भिन्न आवडीच्या अनेक युवकांना लंदाऊनी आकर्षित करून घेतले होते. त्यांचे वर्गीकरण करून त्या पैकी सैद्धांतिक-व्यवसायी बनु शकणाऱ्यांना वेगळे करण्याचे ज्ञान प्राप्त करण्याची आवश्यकता निर्माण झाली होती.

प्राथमिक व प्रगाढ ज्ञानाशिवाय सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राचा अभ्यास करणे अत्यंत चूकीचे, अर्थहीन आहे अशी लंदाऊ यांची धारणा होती. परंतु, भौतिकशास्त्राचा अभ्यास करणे म्हणजे सर्वप्रथम कशाचा अभ्यास करावयचा व कशाचा नाही हे ठरवणे, हे जाणून घेण्याचे ज्ञान प्राप्त करणे होय असे त्यांचे मत होते.

लंदाऊ म्हणत असत: "काही पोकळ समस्या घेऊन त्या सोडवत बसण्याइतपत आपले आयुष्य मोठे नाही. आपले जीवन छोटेसे आहे; आपली स्मरणशक्ती मर्यादित आहे व जितके शास्त्रीय वाद आपल्या डोक्यात वाढत जातील तितकी कमी जागा सुबुद्ध विचारांना राहील." (अर्थात, हे ते विनोदाने म्हणत असत.)

यामिकी, विद्युत्-गतिक्, सापेक्षतावाद, संख्यिकी भौतिकशास्त्र व पुंज-यामिकी या विषयांवरील साहित्यांचे विद्यार्थी आपल्या चर्चासत्रांमधून वर्गीकरण करीत असत. सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राच्या क्षेत्रामध्ये फलदायी कार्य करू इच्छिणाऱ्या व्यक्तीला सदर विषयांचे ज्ञान असणे जरूरीचे आहे.

अशा प्रकारे लघुत्तमसिद्धांत उदयास आला. हा एक नवा विषय होता असे म्हटले तरीही चालेल. आपल्या प्रारंभीच्या विद्यार्थ्यांची या विषया-

वरील परिक्षा लंदाऊनी घेतली. नंतर याच विद्यार्थ्यांनी लंदाऊंच्या 'विचार-शाळेत' प्रवेश घेऊ इच्छिणाऱ्या लोकांची परिक्षा घेतली.

आज जागतिक किर्ती संपादन केलेल्या अनेक शास्त्रज्ञांच्या स्मरणात त्यांनी दिलेली ही परिक्षा कायमची राहील.

या विषयाचे स्वरूप काय होते?

सैद्धांतिक भौतिकशास्त्रावर अत्यंत कोटकोरपणे तयार करण्यात आलेला हा अभ्यास कार्यक्रम होता व त्यामध्ये अभ्यास साहित्याची – पुस्तकांची, परिच्छेदांची व निरनिराळ्या मासिकांमधील लेखांची माहिती देण्यात आलेली होती.

जेव्हा लंदाऊंना स्वत:मध्ये एका उत्कृष्ठ शिक्षणतज्ञाची भावना जाणवू लागली (माझ्या मते या बाबतीत त्यांना दूसरी जोड नव्हती), जेव्हा वैज्ञानिक क्षेत्रामध्ये त्यांच्या विचारशाळेला महान प्रतिष्ठा प्राप्त झाली, तिची किर्ती देशाबाहेर पोहोचली तेव्हा एका संयुक्त अभ्यासविषयाच्या स्वरूपात सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राची उभारणी करण्याच्या विचाराने जन्म घेतला. या आधारावर केवळ वर उल्लेखित विषयांचाच नव्हे तर अधिक प्रगाढ – आधुनिक सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राचा अभ्यास करता येणे शक्य होते.

'लंदाऊ विचारशाळे'च्या शास्त्रीय जीवनात आणि अध्यापनशास्त्रीय व्यवहारात महत्त्वाची भूमिका बजावली ती "लंदाऊ चर्चापरिषदांनी."

दर गुरुवारी सकाळी ११ वाजता भौतिकशास्त्रीय संस्थेमध्ये मॉस्कोतील सर्व शिक्षणसंस्थांमधील मान्यवर भौतिकशास्त्रज्ञ गोळा होत असत. या चर्चापरिषदांमध्ये सर्वांना मुक्त प्रवेश असे.

सर्वात पुढील रांगेमध्ये लंदाऊ व त्यांचे निकटचे सहकारी – जे प्रामुख्याने चर्चेत भाग घेत असत – बसलेले असत.

व्याख्यानांची आणि विषयांची (नियमानुसार, वैज्ञानिक मासिकांमधून प्रसिद्ध होणाऱ्या ताज्या लेखांशी संबंधीत हे विषय असत.) माहिती स्वत: लंदाऊ श्रोत्यांना करून देत असत. प्रत्येक वक्ता एखाद्या लेखामध्ये मांडण्यात आलेल्या समस्येची, प्रश्नाची माहिती देऊन लेखकाने केलेल्या त्या प्रश्नाच्या सोडवणूकीवर चर्चा करीत असे. अशा प्रश्नांची चर्चापरिषदेमध्ये वक्त्याने नव्याने, नव्या पद्धतींने सोडवणूक केल्यास लंदाऊ आनंदाने तिचे मुल्यांकन करीत.

अशा प्रकारच्या चर्चा परिषदांमधून दूहेरी उद्दिष्ट साधले जाई. एक

म्हणजे : शैक्षणिक – नवोदित, तरूण भौतिकशास्त्रज्ञांना आपल्या विचारांना लंदाऊंचे समाधान करणारे तर्कशुद्ध, निर्दोष स्वरूप द्यावयाचे ज्ञान मिळत असे (जी एक अत्यंत कठीण गोष्ट होती). दूसरे म्हणजे : शास्त्रीय – या चर्चापरिषदांच्या फलस्वरूप लंदाऊ व त्यांच्या निकटच्या सहकाऱ्यांना वैज्ञानिक नियतकालीकांमधून प्रसिद्ध होणाऱ्या ताज्या लेखांमध्ये व्यक्त केल्या जाणाऱ्या विचारांची मिमांसेच्या स्वरुपात माहिती प्राप्त होत असे.

अशा या पद्धतीचा जास्तीत जास्त फायदा झाला तो स्वतः लंदाऊ यांचाच.

आपल्या पहिल्या विदेश प्रवासाच्या काळात लंदाऊनी कोपेनहागेन मध्ये बोर यांची, झुरिच मध्ये पॉल व केंब्रीजमध्ये रेझरफोर्ड यांची भेट घेतली.

१९२९ च्या अखेरीस बर्लिनमध्ये सैद्धांतिक भौतिकशास्त्रावरील एका परिसंवादामध्ये पावेल एरेनफेस्टनी माझी लंदाऊंशी ओळख करून दिली.

लंदाऊ मला निराशेच्या स्वरात म्हणाले : "सर्व सुंदर, देखण्या मुलींची जशी निवड होऊन त्यांची लग्ने होऊन गेली आहेत तशीच सर्व चांगल्या समस्यांची पूर्वीच सोडवणूक झालेली आहे. बाकी राहिलेल्या समस्यांमधून कांहीतरी करण्याजोगे मिळेल काय याची शंकाच वाटते."

आणि शेवटी त्याना ते सापडलेच.

१९३० च्या जानेवारीत झुरिचमध्ये पॉल यांच्या समावेत असताना त्यांना, त्यांच्या शब्दांतच सांगावयाचे झाल्यास, 'शेवटची चांगली समस्या' सापडली : चिरस्थायी चुंबकिय क्षेत्रामधील इलेक्ट्रानची पुंजीकृत हालचाल. केंब्रीजमध्ये रेझरफोर्ड यांच्या बरोबर असताना त्याच वर्षी वसंतामध्ये त्यांनी ही समस्या सोडविली. अशा रीतीने भौतिकशास्त्राच्या इतिहासामध्ये पॉलच्या समकर्षुकत्वाला प्रतिकर्षुकत्वाची उपस्थिती लाभली.

हा एक सुदैवी शोध होता असेच म्हणावे लागेल कारण बोर यांच्या सुप्रसिद्ध प्रबंधामध्ये अत्यंत काटेकोरपणे दाखवून देण्यात आले होते की संस्थापित दृष्टिकोनातून पाहता धातूंच्या प्रतिकर्षुकत्वामध्ये इलेक्ट्रॉनचा साठा नसतो. या शोधामुळे लंदाऊना त्या काळातील मान्यवर भौतिकशास्त्रज्ञांमध्ये स्थान प्राप्त झाले व त्यांच्या स्वतःच्या वर्गीकरणानुसार ते द्वितीय श्रेणीचे शास्त्रज्ञ बनले. त्यांच्या मते बोर, डिनगेर, गेईजेनबर्ग, डिराक व फेर्मी हे प्रथम श्रेणीतील शास्त्रज्ञ होते. आईन्स्टाइनचे स्थान उच्चवर्गात होते.

पाऊली बरोबरील भेटीची लंदाऊंच्या मनावर मोठी छाप पडली होती.

मला आठवते की मॉस्कोमध्ये एकदा लंदाऊ पाऊली बरोबर वाद घालण्याचा प्रयत्न करीत होते. परंतु पाऊलीने त्यांना सरळ सरळ सांगून टाकले: "ते काही नाही, लंदाऊ, तु स्वतःच यावर विचार कर."

सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राच्या क्षेत्रामध्ये माझ्या मते शास्त्रज्ञांचे वर्गीकरण, संगीलशास्त्रात करतात त्या प्रमाणे, गायक व रचनाकार असे करायला हवे. क्वचित्‌च ही दोन्ही कामे एकच व्यक्ती पार पाडते.

भौतिकशास्त्रज्ञ-रचनाकाराला, नव्या सिद्धांताच्या निर्मात्याला, कधी-कधी पारंपारिक, नेहमीच्या सरावातील तर्कशास्त्राच्या चौकटीत अस्तित्वात असलेल्या पद्धतीचा त्याग करण्याचा धोका कांही प्रमाणात पत्करणे भाग असते.

सकृतदर्शनी नेहमीच्या सरावातील तर्कशास्त्र आईन्स्टाइनच्या विचारांशी विसंगत असल्याचे वाटते: सर्व वाचनपद्धतींमध्ये प्रकाशाचा वेग सारखाच असतो. हीच गोष्ट बोरच्या बाबतीत – एका कक्षेमधून दूसऱ्या कक्षेमध्ये प्रवेश करतेक्षणी इलेक्ट्रान प्रारण करतो व एका कक्षेमध्ये आल्यानंतर तो प्रारण करीत नाही.

या ठिकाणी एका गोष्टीचा उल्लेख उचित ठरेल की वैज्ञानिक कृतीच्या "उच्च पातळीवर" शास्त्रज्ञ-रचनाकार व शास्त्रज्ञ-गायक यांच्या दरम्यानची सीमा बऱ्याच अंशी पुसली जाते व काहीकाळ ती लुप्त होते.

आपल्या सहकाऱ्यांच्या कामातील विसंगती, विरोधाभास व उणिवा चट्‌कन लक्षात येतील अशी अजोड शक्ती लंदाऊ यांना प्राप्त झालेली होती व अशा चूका ते 'तर्कविसंगत' आहेत म्हणून खोडून काढीत. परंतु हाच गुणधर्म त्यांना कधीकधी विरोधाच्या स्वरुपात सामोरा येत असे कारण ते आपल्या काटेकोर तर्कशास्त्राच्या चौकटीबाहेर स्वतःला कधीच जाऊ देत नसत.

म्हणूनच ते जगातील एक उत्कृष्ठ "गायक" होते व सोडवणूक होऊ शकणाऱ्या अशा कोणत्याही समस्येची ते सोडवणूक करु शकत होते. आणि येथेच, कृतीच्या तर्कशास्त्रानुसार ते कधी कधी "रचनकार" बनत असत – "आपल्या स्वतःच्या संगीता" शिवाय त्याना समस्यांची सोडवणूक करता आली नसती.

वैज्ञानिकांच्या जगतामध्ये लंदाऊना एवढा गौरव व मानसन्मान का प्राप्त झाला होता?

लंदाऊंचा शास्त्राबाबतचा प्रमाणिकपणा उल्लेखनिय होता. आपला थोरपणा दाखविण्यासाठी त्यांनी कधीही खोटेपणाचा स्विकार केला नाही; सर्व काही कळत असल्याचा आव कधीच आणला नाही.

लंदाऊनी संपादन केलेल्या ज्ञानाची व्यापकता महान होती. जेव्हा सैद्धांतिक भौतिकशास्त्रामध्ये संकुचितपणाचा धोकादायक प्रवाह वाहू लागला होता (आज ही गोष्ट इथपर्यंत जाऊन पोहोचली आहे की मूलभूत कणांचा अभ्यास करणारे तज्ञ घ्रुवांच्या पुंजवादाचा अभ्यास करणाऱ्या तज्ञांपासून वेगळे झालेले आहेत!) तेव्हा सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राच्या एकमेकांपासून पूर्णपणे भिन्न असलेल्या निरनिराळ्या शाखांमध्ये ते शांतपणे व मोठ्या आत्मविश्वासाने वावरत होते.

त्यांना वृद्धपकाळ असा आलाच नाही; भौतिकशास्त्रीय ज्ञानाचा व्याप जसजसा वाढत गेला तसतशी त्यांची बद्धिमता अधिक प्रगाढ होत गेली, संपन्न होत गेली.

मला वाटते लंदाऊंची अनेक जीवनचरित्र्ये लिहिली गेली पाहिजेत.

सर्वप्रथम त्यांचे शास्त्रीय जीवनचरित्र. प्राख्यात शास्त्रज्ञ इ. एम. लिफशित्सनी त्यांच्या विषयी बरेच लिहिले आहे. इतर शास्त्रज्ञांनीही त्यांच्याविषयी लिहावे असे मला वाटते.

लंदाऊंच्या संकलित साहित्याला सविस्तर टीपांची आणि परिशिष्टांची पुष्टी देऊन प्रत्येक विद्यार्थ्याला ते कळेल इतपत सोपे स्वरूप आणायला हवे म्हणजे तो विद्यार्थी गेल्या काळातीत एक साहित्यकृती म्हणून त्याकडे नुसतेच पाहणार नाही तर त्या साहित्याचा तो अभ्यास करू शकेल.

लंदाऊ यांची जिवंत वाणी

तेरा वर्षापूर्वी एका दुर्दैवी घटनेने आपणाला लेव लंदाऊ यांच्यापासून कायमचेच दूर केले. आज सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राच्या अभ्यासाला आपल्या जीवनामध्ये प्रमुख कार्य बनविणारा कोणीही या महान व्यक्तीचा निरोप घेऊ शकणार नाही, जिच्या घराचा दरवाजा सर्वांसाठी, विज्ञानक्षेत्रामध्ये त्यांचा सल्ला घेऊ इच्छिणाऱ्या प्रत्येक व्यक्तिसाठी खुला असे. आपल्या मागे जिवंत कथा ठेऊन ही असामान्य व्यक्ती भूतकाळात लुप्त झाली. लंदाऊंच्या अगदी निकटच्या विद्यार्थी आणि मित्रांमध्ये राहण्याचे भाग्य

लाभलेली व्यक्तीदेखिल त्यांच्या व्यक्तित्त्वाचा आगळेपणा, तेजस्वीपणा व आकर्षकपणा पूर्णपणे व्यक्त करू शकत नाही.

सर्व प्रकारचे स्मरण, सर्व प्रकारच्या स्मृती, आठवणी त्यांचे कथन करणाऱ्याच्या व्यक्तिमत्त्वाचेही काही गुण आपल्यात सामावून घेत असतात आणि फक्त स्मरण केल्या जाणाऱ्या व्यक्तीचे प्रत्यक्ष शब्दच — जे अद्यापि कोणाकडूनही कथन केले गेलेले नसतात — त्याच्या अंतर्मनाचे खरे खुरे स्वरूप प्रकट करतात.

माणसाची जिवंत वाणी त्याच्या मृत्युनंतर त्याने लिहिलेल्या पत्रांमधून व्यक्त होते. परंतु लंदाऊ क्वचितच व मोठ्या मुष्किलीने पत्रे लिहित. आपले विचार कागदावर उतरवणे त्याना फारच अवघड जात असे (लेख लिहिण्यासंबंधी त्यांना करण्यात आलेल्या एका विनंतीस उत्तर देताना ते लिहितात: "आपल्या कदाचित् ऐकण्यात आले असेलच की लिखाण करण्याचे काम मला मुळीच करता येत नाही, आणि माझे सर्व लेख मी नेहमीच इतर लेखकांबरोबर लिहिलेले आहेत"). आपल्या स्वतःच्या शास्त्रीय कार्याचा सारांश देणारा लेख एकट्याने लिहिणेदेखिल त्यांना अवघड जात असे व अशा प्रकारचे सर्व लेख त्यांच्यासाठी अनेक वर्षे इतर सहकारी लिहित असत. थोडक्यात व स्पष्टपणे आपले विचार व्यक्त करण्यासाठी ते इतका दीर्घकाळ प्रत्येक वाक्याची उभारणी करीत असत की प्रत्येक लिखाण — मग तो शास्त्रीय लेख असो किंवा वैयक्तिक पत्र असो — त्यांच्या दृष्टीने एक अत्यंत क्लेशदायक काम बनत असे.

कर्तव्याची भावना त्यांच्या दृष्टीने इतकी उच्च व महत्वपूर्ण होती की सल्ला आणि मदत मिळविण्याच्या हेतूने त्यांना लिहिण्यात येणाऱ्या सर्व पत्रांना ते नेहमी (कधी कधी उशीरा) उत्तर देत असत. पत्रांची सुरुवात सर्वसाधारणपणे अशी असे: "फार उशीरा मी आपणास हे पत्र लिहित आहे. याचा अर्थ असा नव्हे की मी असा एक नियमच बनविला आहे. याचे खरे कारण असे की मी मोठ्या मुष्किलीनेच पत्र लिहितो व त्यामुळे पत्र पूर्ण करायला फार वेळ लागतो", किंवा: "पत्र उशिरा लिहित असल्याबद्धल मला क्षमा करावी. या कलेचे मला असलेले वावडे हेच त्यामागील कारण आहे."

अनेक वर्षे त्यांचे शब्द भौतिक समस्यांविषयक संस्थेमधील त्यांची मदतनिस कागदावर उतरवित असे. निना लोश्कारेवा या त्यांच्या सेक्रेटरीच्या सौज-

न्याने आज त्यांनी लिहिलेल्या अनेक "खाजगी" पत्रांच्या प्रती आपणाला पहावयास मिळतात.

लंदाऊ एक विलक्षण बुद्धिमत्तेचे भौतिकशास्त्रज्ञच नव्हे तर महान शिक्षक होते या संबंधी बरेच लिहिण्यात आले आहे. विज्ञान क्षेत्रामध्ये एकाच व्यक्तीमध्ये हे दोन गुण एकाच वेळी क्वचित्च आढळतात. या संदर्भात त्यांची तुलना त्यांच्या स्वतःच्या शिक्षकाशीच — निल्सन बोर या महान शास्त्रज्ञाशीच — करणे योग्य ठरेल.

विज्ञान क्षेत्रामध्ये वाटचाल करु इच्छिणाऱ्या लोकांना सर्व प्रकारची मदत करावयास लंदाऊ सदैव तयार असत. म्हणूनच त्यांनी लिहिलेल्या पत्रांमध्ये सर्वात जास्त पत्रे ही तरुण मुला-मुलींनी अभ्यासाविषयक सल्ला मिळविण्याच्या हेतूने त्यांना लिहिलेल्या पत्रांना उत्तरांच्या स्वरुपात होती. या उत्तरांमधून केवळ त्यांच्या अंतर्मनाचीच प्रचिती येत नाही तर त्या मधून भावी भौतिकशास्त्रज्ञांच्या शिक्षणासंबंधीत त्यांचे विचार प्रकट होतात, जे आजच्या विज्ञानप्रेमी युवकांच्या नव्या पिढीला नक्कीच उपयुक्त ठरतील.

एका विद्यार्थ्याने त्यांना लिहिले होते की भौतिकशास्त्रीय प्रयोगशाळेमधील प्रयोगांवर, गणिताच्या आणि सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राच्या अभ्यासावर तो जास्तीत जास्त वेळ खर्च करत असून कशाची माहिती करून घ्यायची हेच नेमके त्याला ठाऊक नाही. "मी माझ्या जीवनमार्गाच्या अगदी आरंभीच्या बिंदूवर उभा आहे व विज्ञानाकडे घेऊन जाणारा मार्ग मला अत्यंत अस्पष्ट दिसत आहे. योग्य मार्ग निवडून त्या मार्गाने वाटचाल करण्यामध्ये मला कृपया आपण मदत करावी. आपण मला सहज व बरीच मदत करु शकाल. आपण फक्त मला आपल्या दृष्टीने योग्य असा अभ्यासकार्यक्रम कळवावा व कशाचा अभ्यास कोणत्या क्रमाने करावा हे कळवावे". या पत्राला लंदाऊ उत्तर देतात :

प्रिय ब.!

असे दिसते की भौतिकशास्त्रामध्ये आपणाला बरीच आस्था आहे, गंभीरपणे आपण अभ्यास करु इच्छिता व त्यामुळेच मी आपणास मदत करु इच्छितो. हे चांगले, की शास्त्राचा अभ्यास करण्यासाठी बऱ्याच गोष्टी शिकाव्या लागतील याची आपणाला चांगली जाणीव आहे.

कोणकोणत्या विषयांचा अभ्यास करावयाचा हे पूर्णपणे आपल्या भावी

योजनांवर अवलबून आहे. गोष्ट अशी आहे की सध्याची आधुनिक भौतिकशास्त्रे दोन प्रकारची आहेत — सैद्धांतिक आणि प्रायोगिक. सैद्धांतिक कागदावर सुत्रे लिहितात, समीकरणे मांडतात आणि प्रयोगकर्ते हाती उपकरणे घेऊन प्रयोग करतात. साहजिकच, या दोन वर्गातील लोकांना वेगवेगळ्या ज्ञानाची आवश्यकता असते. ही गोष्ट स्पष्टच आहे की सैद्धांतिकाला अनेक विषयांचे पूर्ण व प्रगाढ ज्ञान असणे जरूरी आहे, तथापि प्रयोगकर्त्यांचे ज्ञानदेखिल व्यापक असणे तितकेच महत्वाचे आहे.

म्हणून या प्रश्नावर चांगला विचार करा आणि आपण काय ठरवले आहे त्या बद्दल मला लिहा. मग मी आपणाला त्यानुसार अभ्यासकार्यक्रम तयार करून पाठविन. हा अभ्यासक्रम पूर्ण केल्यानंतर, मला वाटते, आपल्या मार्गाने वाटचाल करण्याच्या दृष्टीने आपली उत्कृष्ठ पूर्वतयारी झालेली असेल.

मी आपणाला सुयश चिंतितो.

ले. लंदाऊ.

एक कामगार लेव लंदाऊंना लिहितो: "एका आठवड्याने मी मास्कोहून जात आहे आणि भौतिकशास्त्रीय सैद्धांतिक बनण्याच्या दृष्टीने मी कशाकशाचा अभ्यास करावा व त्या दृष्टीने प्रयत्न करण्यामध्ये काही अर्थ आहे काय या विषयी आपण मला सल्ला दिल्यास मी कायमचा आपल्या ऋणात राहीन... माझे ज्ञान मॉस्को विद्यापीठाच्या तंत्रशाखेच्या तीसऱ्या वर्गाइतके आहे, परंतु माझे वय २५ वर्षे आहे व मी एक कामगार आहे." त्याने ज्या समस्यांची सोडवणूक करण्याचा प्रयत्न केला त्या समस्यांविषयी, भौतिकशास्त्रीय सिद्धांतांची मूलभूत तत्वे समजून घेण्यात आलेल्या अडचणीसंबंधी व त्यांवर मात करण्यासाठी त्याने केलेल्या प्रयत्नांबद्धल, शिवाय विदेशी भाषा निट शिकता येत नसल्याबद्धल लंदाऊंना लिहिले होते: "श्री. लंदाऊ, मी आपणाला विनंती करतो की कृपया आपण मला मी भौतिकशास्त्रज्ञ बनण्याची कांही आशा आहे काय या विषयी लिहावे. जर काही आशा खरोखरीच असेल तर आपल्या वैशिष्टचपूर्ण अभ्यासकार्यक्रमाव्यतिरिक्त, व आपण मला देणार असलेल्या सल्ल्याबरोबरच हेही कळवावे की मला पुन्हा एकदा स्वतःच्या यशशक्यतांची चाचणी घेण्यासाठी आपल्या कार्यक्रमानुसार किती काळ अभ्यास करावा लागेल. श्री लंदाऊ, मला ठाऊक आहे की आपला वेळ बहुमोल आहे, व आपणाकडून जर मला माझ्या पत्राला उत्तर मिळाले तर मी हे माझे मोठे भाग्यच समजेन."

लंदाऊ या पत्रास उत्तर देतात :

माननीय श्री. 'ल'!

मी आपण विचारलेल्या प्रश्नांची उत्तरे देण्याचा प्रयत्न करतो.

सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राच्या क्षेत्रातील आपल्या क्षमतेचा अंदाज घेणे अतिशय कठिण आहे. मला वाटते की जर आपली खरोखरीच इच्छा असेल तर आपण सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राच्या क्षेत्रात यशस्वीपणे काम करू शकाल. या दृष्टीने अत्यंत महत्वाची गोष्ट म्हणजे हे काम आपणाला मनापासून आवडले पाहिजे. आत्मप्रदर्शनाचे विचार खऱ्याखुऱ्या आस्थेची जागा घेऊ शकत नाहीत.

सर्वप्रथम आपणाला सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राच्या तंत्रज्ञानाचा योग्यपणे अभ्यास करणे भाग आहे. खरे पाहता हे कांही तितकेसे कठिण काम नाही, कारण आपणाला गणिताचे काहीसे ज्ञान आहे व गणिती तंत्रज्ञान हाच आजच्या शास्त्राचा पाया आहे. २५ वर्षे म्हणजे काही जास्त वय नाही (मी आपल्यापेक्षा वयाने दुप्पट आहे व तरी सुद्धा अजून अभ्यास करतो) व एक कामगार म्हणून आपण करीत असलेले श्रम आपणावर प्रतिकुल परिणाम करु शकत नाही.

फक्त कोणत्याही समस्यांची सोडवणूक करण्याचा प्रयत्न मात्र करु नका. फक्त काम करीत रहा, उत्तर आपोआप आपल्या हाती येईल. अर्थात, कठीण आर्थिक परिस्थिती मात्र अडचणी निर्माण करु शकते, कारण उपाशा-पोटी काम करणे किंवा अत्यंत थकलेल्या अवस्थेत काम हाती घेणे काही सोपे नाही. विदेशी भाषांचे ज्ञान मात्र निःसंशयपणे आवश्यक आहे. एक गोष्ट मात्र विसरू नका, की भाषा शिकण्यासाठी अंगी तसा खास गुणच असावा लागत नाही, कारण अत्यंत मट्ठ डोक्याचे इंग्रजदेखिल उत्कृष्ठ इंग्रजी बोलतात. आपण अगदी अचूक निष्कर्ष काढला आहात की मूलभूत आधारा-विषयी कमीत कमी विचार करायला हवा. मुख्य म्हणजे, कोणत्या गोष्टींचे ज्ञान असायला हवे – तर कामाचे तंत्रज्ञान. अचूकतेचे आणि सूक्ष्मपणाचे ज्ञान नंतर आपोआप होते.

सर्व गोष्टी विचारात घेता मी एकंदरीत असे म्हणू शकतो की जर आपली खरोखरीची इच्छा असेल व काम करण्याची कला आपणाला अवगत असेल तर आपण सैद्धांतिक बनू शकता. या पत्रासोबत अभ्यासक्रम पाठवित आहे. अभ्यासकाळा संबंधी बोलावयाचे म्हणजे हा काळ आपणाला इतर किती कामे करावी लागतात व या क्षणी आपले ज्ञान कितपत आहे यावर

अवलंबून आहे. व्यावहारिकदृष्टया पाहता, ज्याला जवळ जवळ सर्व गोष्टींचे पूर्वीच ज्ञान होते अशा पमेरान्यूकच्या बाबतीत अडीच महिन्यांपासून चांगले ज्ञान असणाऱ्यांच्याबाबतीत कांही वर्षांपर्यंत हा काळ असू शकेल.

शुभेच्छा.

आपला,

लंदाऊ.

एक विद्यार्थी सैद्धांतिक भौतिकशास्त्रामध्ये बराच रस घेत होता. अनेक पुस्तकांमुळे आणि लेखांमुळे – जे त्याला नीट कळतही नव्हते – तो पूर्णपणे गोंधळून गेला होता. आपल्या पत्रात तो लिहितो की मॉस्कोमध्ये असताना तो लंदाऊंच्या परिसंवादामध्ये (जे मॉस्कोतील भौतिकशास्त्रीय समस्यांविषयक संस्थेमध्ये आयोजित केले जात असत व प्रवेश सर्वांना मुक्त होता) उपस्थित होता पण त्याला काहीही कळले नाही व म्हणून तो लंदाऊंच्या जवळही गेला नाही. लंदाऊ यानी या विद्यार्थ्यांच्या पत्रास पुढील उत्तर दिले :

प्रिय श्री. 'र.'!

सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राचा अभ्यास करण्यामध्ये जर आपणाला खरी-खुरीच आस्था असेल तर आपणाला मदत करण्यास मी तयार आहे.

साहजिकच पुस्तकांच्या ढिगाऱ्यामध्ये आपण हरवून जाता व आपणाला हे उमजत नाही की सुरूवात कोठून करावी. या क्षणी परिसंवादामधील चर्चा आपल्या मुळीच डोक्यात शिरणार नाही. मी आपणाला सैद्धांतिक भौतिकशास्त्रावरील अभ्यासक्रम पाठवित आहे व (आपली इच्छा असेल तर) आपण अभ्यास करून माझ्या व माझ्या सहकाऱ्यापुढे परिक्षा देऊ शकता.

सुरुवात गणिताने केली पाहिजे, कारण, आपणाला ठाऊकच आहे की गणित हा या शास्त्राचा पाया आहे. अभ्यासक्रम सोबत आहेच.

अभ्यासक्रमामध्येच माझे दूरध्वनी क्रमांक देण्यात आलेले आहेत. माझी भीती वाटून घेण्याचे काहीच कारण नाही – मी चावा कधीच घेत नाही.

मी आपणाला सुयश चिंतितो.

आपला,

लंदाऊ.

लंदाऊना आलेले आणखी एक पत्र : "आईन्स्टाइनने एकदा इनफेल्ड या विद्यार्थ्यास मदत करण्यास नकार दिला, आणि म्हणूनच आपण माझी छोटीशी

विनंती धूडकावून लावणार नाही या आशेने मी आपणास पत्र लिहावयाचे ठरवले. मी एक विद्यार्थी आहे. रेडिओतंत्रज्ञान विभागात दुसऱ्या वर्गामध्ये शिकत आहे पण सैद्धांतिक भौतिकशास्त्र मला फार आवडते. आपण बहुतेक अत्यंत गडबडीत असाल, परंतु माझ्यासाठी जर आपण काही मिनीटे वेळ खर्च केलात तर मी आपला अत्यंत आभारी राहीन. सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राच्या बहुसंख्य क्षेत्रांमध्ये प्रगाढ व विभिन्न ज्ञान मिळविणे माझ्या दृष्टीने अत्यंत आवश्यक आहे. याचाच अर्थ, या साठी मला उच्च गणिताचा अभ्यास करावा लागेल. मला माफ करा कारण मी आपणाला खूपच तसदी देत आहे, पण माझ्या दृष्टीने हे अत्यंत महत्त्वाचे आहे, आणि, जरी हे वाईट दिसत असले तरीही जीवनात कठीण मार्गाने वाटचाल करावयाचे ठरविल्यास हे सारे काही नेहमीच सहजगत्या प्राप्त होत नाही."

लेव लंदाऊनी या पत्राला नववर्षाच्या कांही दिवस आधी उत्तर दिले:

श्री. 'क'!

आपल्या पत्रास मी मोठ्या आनंदाने उत्तर देत आहे. सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राच्या अभ्यासाला सुरूवात करण्यापूर्वी आपणाला या क्षेत्रामधील प्राथमिक ज्ञान संपादन करणे आवश्यक आहे या आपल्या मताशी मी पूर्णपणे सहमत आहे. या दृष्टीने मी आपणास आनंदाने मदत करीन.

आपल्या ध्यानात आलेच आहे की सैद्धांतिकाला सर्वप्रथम गणिताचे चांगले ज्ञान असणे जरूरी आहे. या साठी गणितशास्त्रात अस्तित्वात असलेल्या सर्वच्या सर्व प्रमेयांची व सिद्धांताची, नियमांची माहिती असणे जरूरी नाही तर मुख्य म्हणजे गणितीतंत्राचे, म्हणजेच गणिते सोडविण्याचे ज्ञान असणे आवश्यक आहे.

मी आपणासाठी पुढील अभ्यास कार्यक्रम सुचवू इच्छितो. सर्वप्रथम आपणाला विकलन, संकलन, सदिश-विश्लेषण व टेन्सॉर इत्यादीसारख्या गोष्टींचा अभ्यास करावयास हवा. या अभ्यासामध्ये पाठ्यपुस्तकाने महत्वाची भूमिका बजावता कामा नये तर प्रश्नावलीने. मग ती कशीही असो, मुख्य म्हणजे त्यात अनेक प्रश्न, गणिते असावीत.

त्यानंतर मला फोन करा (सकाळी ९.३० ते १०.३० या वेळात केल्यास बरे होईल, कारण या वेळी मी नेहमी घरी असतो. इतर वेळी केला तरीही चालेल) व माझ्याकडे या, मी आपली परिक्षा घेईन व मग पुढील अभ्यासक्रम देईन. जर संपूर्ण अभ्यासक्रम पूर्ण करून आपण मला यशस्वीरित्या परिक्षा द्याल (या साठी आपणाला एक-दोन-तीन वर्षे लाग-

तील) तर मी असे समजेन की शास्त्रीय कामाच्या दृष्टीने आपली पूर्वतयारी झालेली आहे व याच मार्गाने आपणाला पुढे जावयाचे असल्यास मी आपणास मदत करेन.

नव्या वर्षासाठी माझ्या आपणाला शुभेच्छा.

आपला,

लंदाऊ.

मॉस्कोवासीय विद्यार्थी केव्हाही लंदाऊना भेटू शकत असल्यामुळे त्यांना प्रामुख्याने बाहेरगावाहून पत्रे येत असत. खास भौतिकशास्त्रीय संस्थेमध्ये अथवा विद्यापीठामध्ये शिक्षण न घेताही सैद्धांतिक भौतिकशास्त्रज्ञ बनता येईल काय अशी विचारणा करणारी अनेक पत्रे लंदाऊना येत. स्वतंत्रपणे अभ्यास करण्यासाठी पूर्वीची संस्था सोडून द्यावयाची की पुढे पूर्वीचेच शिक्षण चालू ठेवायचे असा प्रश्न या विद्यार्थ्यांपुढे असे.

अध्यापन शिक्षण संस्थेमध्ये शिकत असलेल्या अशाच एका विद्यार्थ्याच्या पत्राला लंदाऊनी पुढील उत्तर दिले होते :

"मला वाटते की निष्कारण आपण स्वत:समोर कोडे घातले आहे. संस्थेमध्ये आपण अध्यापनशास्त्राचा अभ्यास करीत आहात व हे ज्ञान आपणाला पुढे नक्कीच उपयुक्त ठरेल. या अभ्यासाची आपणाला मुळीच अडचण होणार नाही. सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राचा अभ्यास करण्याची आपली फारच इच्छा असेल तर आपण स्वतंत्रपणे हा अभ्यास करु शकता — या साठी आपणाला पुस्तके व कागदाशिवाय इतर कशाचीच जरूरी नाही."

या व इतर साऱ्या पत्रांमधून ज्या भौतिकशास्त्रीय अभ्यासक्रमाचा उल्लेख करण्यात आलेला आहे तो अभ्यासक्रम लंदाऊनी चौथ्या दशकामध्ये प्रथमच बनविला. त्या वेळी खारकोव्ह मधील युक्रेनियन भौतिकशास्त्रीय तंत्रविज्ञान संस्थेमध्ये त्यांनी आपल्या काही विद्यार्थ्यांसमावेत आपल्या सैद्धांतिक भौतिकशास्त्रीय शाळेच्या उभारणीस सुरुवात केली होती. सदर अभ्यासक्रमामध्ये वेळोवेळी बदल घडून येत गेले परंतु त्याची पायाभूत असलेली अध्यापनशास्त्रीय तत्वेमात्र अबाधीत राहिली.

सैद्धांतिक आणि प्रायोगिक भौतिकशास्त्राचे ज्ञान एकत्रपणे एकाच व्यक्तीमध्ये आढळून येणे ही एक असंभवनिय गोष्ट आहे असे लंदाऊ यांचे मत होते. खराखुरा सैद्धांतिक-भौतिकशास्त्रज्ञ एकाच वेळी प्रायोगिक-भौतिकशास्त्रज्ञ असावयास हवा अशी धारणा असलेल्या विद्यार्थ्यांच्या एका गटास लिहिलेल्या पत्रात लंदाऊ म्हणतात :

"सैद्धांतिक-भौतिकशास्त्रज्ञ प्रयोगकर्ताही असावयास हवा असे समजणाऱ्या लोकांच्या दृष्टीत सैद्धांतिक-भौतिकशास्त्रज्ञ हा एक अतिमानव असतो. आज सैद्धांतिक-भौतिकशास्त्र आणि प्रायोगिक – भौतिकशास्त्र एकमेकांपासून इतके भिन्न स्वरुपाचे आहेत की त्या दोहोंचा मिलाफ एकाच व्यक्तीत घडवून आणणे अशक्य आहे. गेल्या कांही दशकांमधील एकमेव अपवाद म्हणजे फेर्मी. परंतु त्याची बुद्धिमत्ता ध्यानात घेता, हा अपवाद फक्त नियमच सिद्ध करतो. भौतिकशास्त्राच्या भिन्नभिन्न अंगांचा अभ्यास करीत असताना सैद्धांतिक आणि प्रयोगकर्ते एकमेकांना पूरक ठरतात, त्यांची कार्ये परस्पराशी संबंधीत असतात, परंतु त्यांच्यापैकी कोणीही एक दुसऱ्यापेक्षा वरचढ असू शकत नाही.

आखून देण्यात आलेल्या अभ्यासक्रमानुसार घेण्यात येणारी परिक्षा ही खऱ्या अर्थाने परिक्षा असे: या परिक्षेत एखाद्या समिकरणाचे किंवा गणिताचे उत्तर विचारले जात नसे तर घालून देण्यात आलेले गणित सोडविण्यासाठी आपल्या ज्ञानाचा विद्यार्थी कशा प्रकारे उपयोग करून घेतो, हे पाहिले जाई. सुरुवातीच्या काळात लंदाऊ स्वत: परिक्षा घेत असत. पण नंतर विद्यार्थ्यांची संख्या वाढत गेल्यामुळे त्यांचे इतर सहकारी ही परिक्षा घेऊ लागले. परंतु या तरुण विद्यार्थ्यांची पहिली परिक्षा, पहिली भेट घेण्याचा "हक्क" मात्र लंदाऊनी स्वत:साठी राखून ठेवला. लंदाऊंची भेट घेण्यासाठी फक्त त्यांना फोन करून भेटण्याची आपली इच्छा प्रदर्शित करणे पुरेसे असे.

अर्थात, सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राच्या अभ्यासास सुरुवात केलेल्या प्रत्येक विद्यार्थ्याला काही हा अभ्यासक्रम पूर्णपणे यशस्विरित्या पूर्ण करता आला नाही. बऱ्याच जणांनी हा अभ्यासक्रम निम्म्यातच सोडला. १९३४ पासून १९६१ पर्यंत फक्त ४३ विद्यार्थ्यांनी हा अभ्यासक्रम पूर्ण केला (लंदाऊनी स्वत:च ही यादी तयार केली). हे विद्यार्थी खरोखरच काटेकोर परिक्षणातून निवडण्यात आलेले होते याची साक्ष पूढील गोष्टीवरुन पटते: या ४३ पैकी दहा जण सोविएत संघाच्या शास्त्र अकादमीचे सदस्य बनले तर १६ जणानी डी. एस्सी. ही पदवी प्राप्त केली.

अध्यापनशास्त्राचा प्रगाढ अभ्यास करुन आपल्या संपुर्ण आयुष्यात शाळकऱ्यांपासून सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राचा अभ्यास करणाऱ्या तज्ज्ञांपर्यंत, सर्वांसाठी पुस्तके, पाठ्य-पुस्तके लिहिण्याची लंदाऊ यांची इच्छा होती. त्यांच्या हायातीतच "सैद्धांतिक भौतिकशास्त्रा"चे सर्व खंड लिहून पूर्ण

करण्यात आले. त्याच बरोबर, "सामान्य भौतिकशास्त्रा"* चे सुरुवातीचे कांही खंड व "सर्वांसाठी भौतिकशास्त्र" ही पुस्तकेही पूर्ण करण्यात आली. त्यांच्या निधनानंतर, त्यांच्या इच्छेनुसारच "सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राचा लघु अभ्यासक्रम" या पुस्तकाचे प्रकाशन झाले. भौतिकशास्त्राचा अभ्यास करणाऱ्यांसाठी गणिताची पाठ्यपुस्तके तयार करण्याची त्यांची योजना होती. यासंबंधीत रुपरेखा तयार होती. दुर्दैवाने ही योजना ते पूर्णपणे पार पाडू शकले नाहीत. शालेय पाठ्यपुस्तके लिहिणेही त्यांना आपल्या हायातीत शक्य झाले नाही.

सोविएत संघातील तूला येथील शाळकरी लंदाऊना लिहितात:

"आम्हाला ठाऊक आहे की आपणाला मोकळा वेळ असा मुळीच असत नाही परंतु आपण कांही मोकळा वेळ काढून आमच्या पत्राला उत्तर द्याल अशी आम्हाला आशा वाटते. "शिक्षण—हा खजिना आहे, श्रम—ही त्या खजिन्याची किल्ली आहे" अशी मोहीम आम्ही सुरु करणार आहोत, कारण आमच्या वर्गातील कांही मुलांना हे कळत नाही की शिक्षणाची त्यांना का गरज आहे. त्यांच्या पैकी बरेच जण व्यवस्थित अभ्यास करत नाहीत व केवळ पास होणे एवढेच त्यांचे उद्दीष्ट असते. आपल्याकडून पत्र मिळावे अशी आमची फार इच्छा आहे, कारण आमच्या विद्यार्थ्यांच्या बाबतीत आपले शब्द फारच उपदेशपर ठरतील."

लंदाऊ या पत्राला उत्तर देतात:

प्रिय बालमित्रानो,

सर्वज्ञात असलेल्या गोष्टींबद्दल लिहिणे अत्यंत अवघड आहे. तुम्हाला स्वत:लाच चांगल्याप्रकारे ठाऊक आहे की आज सर्व व्यवसायांसाठी शिक्षणाची आवश्यकता आहे. अशिक्षित व्यक्ती नेहमीच एक दुय्यम दर्जाची व्यक्ती बनून राहील.

या संदर्भात मला या गोष्टीचे वाईट वाटले की आपल्या पत्रामध्ये शुद्धलेखनाच्या चुका आहेत. बाल मित्रांनो, या वरून हेच दिसून येते की तुम्ही फारच कमी वाचन करता. स्वत:ची मातृभाषादेखिल तुम्हाला चांगल्याप्रकारे अवगत नाही. म्हणून खूप वाचन करा आणि त्याच बरोबर ही गोष्ट ध्यानात

---

* इ. एम्. लिफशित्स यांच्यासमावेत लिहिलेल्या या पुस्तकाला १९६२ मध्ये लेनिन पारितोषिक देण्यात आले.—संपादक

घ्या की शिक्षणाची गरज ही शाळेला नाही तर तुम्हाला स्वतःला आहे.

शुभेच्छा

आपला,

लेव लंदाऊ.

कोणतीही पार्श्वभूमी नसताना विज्ञान क्षेत्रामध्ये क्रांती घडवून आणणाऱ्या (यात सापेक्षतावादाचा सिद्धांत धुडकावून लावणाऱ्यांचाही समावेश आहे) लोकांच्या पत्रांनाही लंदाऊ उत्तरे देत असत. अशा वेळी लंदाऊ कोणत्याही प्रकारची सहानुभूती दाखवित नसत. अशा प्रकारची कांही उत्तरे अशी होती:

"मला ही गोष्ट नमुद करावी लागेल की आपली हस्तलिखिते अगदी कंटाळवाणी आहेत. आधुनिक भौतिकशास्त्र हे एक अत्यंत विस्तारीत शास्त्र आहे आणि सर्वप्रथम ते प्रचंड संख्येतील प्रायोगिक वस्तुस्थितींवर अधिष्ठित आहे. असे दिसते की या शास्त्रशाखेशी आपला काडीमात्र परिचय नाही पण निटपणे ठाऊक नसलेल्या भौतिकशास्त्रीय गोष्टी अर्थहीन वाक्ये वापरून स्पष्ट करण्याचा आपण प्रयत्न करीत आहात. स्पष्ट आहे की ही व्यर्थ धडपड आहे. जर खरोखरीच भौतिकशास्त्रामध्ये गंभीर आस्था असेल तर आपणाला नवा शोध लावण्याच्या मागे न पडता या विषयाचा प्राथमिक अभ्यास करावा लागेल."

"आधुनिक भौतिकशास्त्र हे एक कठीण आणि अवघड शास्त्र आहे व या क्षेत्रात कांही कार्य करावयाचे असेल तर पुष्कळ गोष्टींची माहिती करुन घ्यावी लागेल. शिवाय एखाद्या नवा विचार मांडावयाचा असेल तर आणखीही जास्त ज्ञान असणे जरुरी आहे. आपल्या पत्रावरून असे दिसून येते की भौतिकशास्त्राच्या क्षेत्रातील आपले ज्ञान अत्यंत मर्यादित आहे. ज्याला आपण नवे विचार म्हणता ती प्रत्यक्षात अशिक्षित व्यक्तीची व्यर्थ बडबड आहे. ज्याने आयुष्यात कधीही विजेवर चालणारे यंत्र पाहिलेले नाही अशी व्यक्ती जर तुमच्या जवळ आली आणि या क्षेत्रातील नवे विचार मांडू लागली—अगदी अशीच आपली परिस्थिती आहे. जर भौतिकशास्त्रामध्ये आपणाला खरोखरच स्वारस्य असेल तर सर्वप्रथम आपण या शास्त्राचा अभ्यास करावयास सुरुवात करावी. कांही काळानंतर आपणाला स्वतःलाच मला लिहिलेले आपले हे पत्र वाचून नक्कीच हसू येईल."

"आपण पत्रात व्यक्त केलेले विचार अत्यंत मुर्खपणाचे आहेत. अगदी आपल्या पत्रातील चूका दाखवून देणेही अवघड आहे. कृपा करून विश्वासंबंधी चर्चा करण्यापूर्वी अत्यंत प्राथमिक स्वरुपाचे भौतिकशास्त्रीय ज्ञान संपादन करा, नाहीतर आपण स्वत:च स्वत:ची परिस्थिती हस्यास्पद करून घ्याल."

"आपले विचार पूर्णत: भोळेपणाचे आहेत आणि त्या मध्ये लक्ष देण्याजोगे काहीच नाही. स्पष्ट आहे, की आपली जर या क्षेत्रात काम करण्याची इच्छा असेल तर आपणाला पूर्वतयारीच्या स्वरुपात बरेच मोठे काम करावे लागेल – या विषयाची ओळख करून घ्यावी लागेल."

केवळ गौरव प्राप्त करण्यासाठी, केवळ एखाद्या महान शोध लावण्यासाठीच काम करण्याला लंदाऊ यांचा तिव्र विरोध होता. अशा प्रकारच्या कामातून काहीही निष्पन्न होत नाही अशी त्यांची धारणा होती व हे साधेसुधे सत्य पुन:पुन्हा सांगण्याची एकही संधी ते कधीही सोडत नसत.

इ. एम. लिफशीत्स

"जगातील सर्व शास्त्रज्ञ जर..."

हा छोटासा लेख १९६२ च्या जुलै महिन्यात लिहून प्रसिद्ध करण्यात आला होता. अगदी विद्यार्थीदशेपासून माझी लंदाऊंशी ओळख होती, दुसऱ्या महायुद्धानंतर अनेकदा आम्ही एकमेकांना भेटलो होतो आणि कदाचित् म्हणूनच माझ्यावर, एक साहित्यक या नात्याने दुर्देवाची कुऱ्हाड कोसळली – पुढील आश्चर्यजनक घटनांचा मी एक साक्षीदार बनलो. सदरचा लेख पूर्णपणे 'माहितीपट' होता व "रणभूमीतून" पाठविण्यात येणाऱ्या वृत्तपत्रांचे त्याचे स्वरुप होते. आणि म्हणूनच मला या लेखामध्ये नव्या माहितीची भर घालावयाची नाही व त्या दुर्देवी काळामध्ये असलेले भीतीचे आणि आशेचे वातावरण तसेच टिकवून ठेवावयाचे आहे.

... १९६२ च्या अगदी सुरुवातीच्या दिवसात ही घटना घडली. रविवारी, ७ जानेवारी रोजी सकाळी साडे अकरा वाजता या अत्यंत दुर्देवी घटनेने सर्वत्र दु:खाची छाया पसरविली – ही घटना घडली अण्विक भौतिकशास्त्राच्या शहराकडे जाणाऱ्या मार्गावर, दुबना या शहराकडे नेणाऱ्या मार्गावर. दोष असा कुणाचाच नव्हता ... अत्यंत वाईट हवा होती. बर्फवृष्टीमुळे सर्वत्र रस्ता निसरडा झाला होता. बस पकडण्याच्या घाईत एक मुलगी

रस्ता ओलांडत होती. याच वेळी रस्त्यावरून जाणाऱ्या मोटारगाडीस झट्कन ब्रेक लावावे लागले व त्या निसरड्या रस्त्यावरून ती गाडी घसरत गेली. समोरून येणाऱ्या एका ट्रकवर जाऊन ती आदळली. समोरून होणारा आघात अटळ होता. प्रमुख आघात झाला तो गाडीच्या मागच्याबाजूस उजवीकडे, व तोदेखिल त्या ठिकाणी बसलेल्या व्यक्तीवर.

ही व्यक्ती होती अकादमीशियन लेव दविदोविच लंदाऊ. अपघातानंतर त्यांना इस्पितळात नेण्यात आले. लंदाऊ बेशुद्धावस्थेत होते. "बेशुद्धावस्थेत लंदाऊ!"—ही शब्दरचनाच मुळी विरोधाभास दर्शवित होती.

अपघाताच्या वार्तेने सर्वत्र, सर्व शास्त्रज्ञांमध्ये खळबळ उडाली. प्राख्यात डॉक्टर निकोलाई ग्रशेनकोव यांच्या नेतृत्वाखाली तज्ञ शल्यविशारदांचे दल लंदाऊंची मृत्युच्या मिठीतून सुटका करण्याच्या कामी प्रयत्नांची पराकष्ठा करू लागले. लंदाऊंची परिस्थिती अत्यंत गंभीर होती. प्रयत्न चालूच होते. १ फेब्रुवारी रोजी निकोलाई ग्रशेनकोव म्हणाले: "... गेल्या १२ वर्षाच्या माझ्या अनुभवात मी बऱ्याच गोष्टी पाहिल्या परंतु इतकी गंभीर स्थिती असलेला जखमी मी प्रथमच पहात आहे. लंदाऊ गेले तीन आठवडे आपल्यामध्ये आहेत हेच एक मोठे आश्चर्य आहे!"

मार्च महिन्यात जीवनाने मृत्युवर मात केली. असे आढळून आले की लंदाऊ यांच्या मेंदूला धक्का बसलेला नाही. या दुर्दैवी दिवसांच्या काळात लंदाऊ आपणाला जणु काही सोडून जात आहेत असे निदान चार तरी दिवस होतेच.

लंदाऊ यांचे जीवन जेव्हा पूर्णपणे कृत्रिम श्वसन—यंत्रावर परावलंबित बनले तेव्हा काही सैद्धांतिकांनी भौतिकशास्त्रीय संस्थेमध्येच अशाप्रकारचे यंत्र बनविण्याचे सूचविले. अशा यंत्राची गरजही नव्हती व ही सुचनाच मुळी भोळेपणाची होती. परंतु भौतिकशास्त्रज्ञांनी असे यंत्र बनविले व इस्पितळात आणले.

साऱ्याच गोष्टींचे कथन करणे काही शक्य नाही. लंदाऊचे प्राण वाचविण्यासाठी प्रत्येकाने—अकादमीशीयन पासून संशोधक विद्यार्थ्यीपर्यंत—प्रयत्नांची पराकाष्ठा केली.

दुर्दैवी दिवस उजाडला. लंदाऊ यांच्या जीवनाला खऱ्याअर्थी गंभीर धोका उत्पन्न झाला. नेहमीच्या सर्व उपाययोजना करण्यात आल्या. एक नवा विचार मांडला गेला. एक औषध वापरून पहावयाचे सूचविण्यात

आले ; हे औषध चेखोस्लोव्हाकिया व इंग्लंडमध्ये उपलब्ध होते.

लंदाऊ यांच्या जुन्या मित्रांना — सुप्रसिद्ध इंग्लीश संशोधक ब्लेकेट, पॅरिसमध्ये रहात असलेल्या लंझेवेन यांचा संशोधक-शिष्य बिकर व कोपेन-हागेन मधील निल्सन बोर यांच्या कुटुंबाला तारा पाठवून परिस्थितीची कल्पना देण्यात आली. सत्त्याहत्तर वर्षाच्या खुद्द निल्सन बोरना मात्र धक्का बसू नये म्हणून कळविण्यात आले नाही ; परंतु लौकरच औषध मॉस्कोस धाडण्यात आल्यासंबंधीची त्यांची तारच इकडे येऊन धडकली. तथापि, हे औषध कोणते हे कोणालाच ठाऊक नव्हते व बोरनी वेगळेच औषध पाठवले. बिकरनी प्राग मधील आपल्या एका संशोधक मित्राशी संपर्क साधून सदर औषध मॉस्कोस रवाना करण्याची व्यवस्था केली.

परंतु त्या पूर्वीच लंडनहून मदतीचा हात पोहोचला होता. पाठविण्यात आलेली तार ब्लेकेटना लंडनमध्ये काही मिळाली नाही. पण ही तार सुप्रसिद्ध शास्त्रज्ञ जॉन ऑक्रोफट यांच्या हाती पडली. दरम्यान इवगेनीइ लिफशीत्स यांनी आपल्या एका प्रकाशक मित्राला — मॅक्सवेलना — या औषधासंबंधी विनंती केली होती. ऑक्रोफट आणि मॅक्सवेल यांच्या संयुक्त प्रयत्नांच्या फलस्वरुप दुसऱ्याच दिवशी "मि. लंदाऊ यांना" एवढेच लिहिलेले एक पार्सल विमानाने मॉस्कोला धाडण्यात आले.

खुद्द मॅक्सवेल यांचीच परिस्थिती बिकट होती. त्यांच्या मुलाला अपघात झालेला होता व तो अद्यापी बेशूद्धावस्थेतच होता. त्यांना आता अनुभवाने ठाऊक झाले होते की नंतर लंदाऊंना इतर खास औषधे घ्यावी लागतील. दुसऱ्या दिवसापासूनच बेल्जियम, अमेरिका व इतर देशांहून निरनिराळी औषधे मॉस्कोच्या शेरेमेत्येवो विमानतळावर येऊन पोहचू लागली.

व्लाजिमीर एंगेल्गार्ट यांनी पाठविलेल्या औषधाने मात्र लंदाऊ यांना मृत्यूच्या पंजातून सोडविले. मॅक्सवेलनी पाठविलेले औषध मॉस्कोस पोहो-चण्यापूर्वीच थोडेसे औषध लेनिनग्रादमध्ये मिळविण्यात आले होते.

वर कथन करण्यात आलेल्या गोष्टी लंदाऊ यांच्या जीवनातील दुर्दैवी काळाचा पहिला टप्पा होता. त्यानंतर प्राख्यात वैद्यकिय शास्त्रज्ञ पेनफिल्ड यांच्या नेतृत्वाखालील डॉक्टरमंडळींच्या एका आंतरराष्ट्रीय दलाने लंदाऊ यांच्यावर उपचार सुरु केले. अनेक इस्पितळातील डॉक्टर्स व परिचारीका रात्रंदिवस जण जागता पाहरा देत होते.

डॉक्टर आणि भौतिकशास्त्रज्ञांच्या शब्दकोशामध्ये "आशा" या छोट्याशा पण महान शब्दाला केव्हा, कोणत्या दिवसापासून चिरकाल, कायमचे स्थान

प्राप्त झाले हे सांगणे निदान आजतरी कठीण आहे. पण एक गोष्ट मात्र महत्वाची की त्यांचे हे स्वप्न साकार झाले.

या ठिकाणी माझे वार्तापत्र समाप्त झाले होते. आज त्या मध्ये काही शब्दांची भर घालणे जरुरी आहे.

होय, आशा सफल झाली. लंदाऊ यांना पुन्हा जीवन प्राप्त करून देण्यात आले. त्या नंतर ते आणखी सहा वर्षे जगले. तथापि झालेल्या अपघाताचा अनिष्ट परिणाम त्यांच्यावर झालाच. सैद्धांतिक भौतिकशास्त्राचा अभ्यास ते पुढे चालू ठेऊ शकले नाहीत. या काळात त्यांना लेनिन पारितोषिक व त्याच प्रमाणे नोबेल परितोषिक बहालकरून संपूर्ण मानवजातीने त्यांच्या अमर कार्याचा गौरव केला.

डी. एस्. दानिन.

आमची आगामी प्रकाशने

धातूंच्या नवलकथा

लें. – से. विनेत्सकी

धातूंच्या आश्चर्यजनक जगाचे संपूर्ण दर्शन घडविणारे एक अत्यंत मनोरंजक पुस्तक. सोविएत संघात १९७० सालातील सर्वोत्कृष्ठ मनोरंजक – वैज्ञानिक पुस्तक म्हणून निवड झालेल्या मूळ रशियन पुस्तकाचा मराठी अनुवाद.

आमची आगामी प्रकाशने

विख्यात सोविएत लेखक – वैज्ञानिक या. पेरेलमान यांनी लिहिलेली अत्यंत लोकप्रिय पुस्तके :

मनोरंजक भौतिकशास्त्र : भाग १

मनोरंजक भौतिकशास्त्र : भाग २

अत्यंत सोप्या भाषेत, विविध मनोरंजक घटनांच्या सहाय्याने भौतिकशास्त्राची ओळख करून देणारी ही पुस्तके मीर प्रकाशन आता मराठी भाषेत प्रसिद्ध करीत आहे.

आमची आगामी प्रकाशने

विज्ञानाची आवड असणाऱ्या सर्व वयोगटातील वाचकांसाठी मीर प्रकाशन सादर करीत आहे

'ललित विज्ञान साहित्य' या मालिकेत लौकरच प्रसिद्ध होणारी मनोरंजक वैज्ञानिक पुस्तके :

कथा ही नाण्यांची

ले. – गे. फ्योदोरोव – दविदोव

अंतराळ – यानाचा प्रवास

ले. — यू. कलेसनिकोव्ह, यू. ग्लास्कोव्ह